VERSLAGEN EN MEDEDEELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

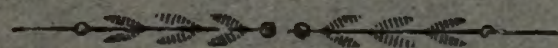
VAN

WETENSCHAPPEN.

Afdeeling NATUURKUNDE.

TWEEDE REEKS.

VIERDE DEEL.



AMSTERDAM,
C. G. VAN DER POST.
1870.

VERSLAGEN EN MEDEDEELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

VAN

WETENSCHAPPEN.

VERSLAGEN EN MEDEDEELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

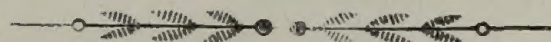
VAN

WETENSCHAPPEN.

Afdeeling **NATUURKUNDE.**

TWEEDE REEKS.

VIERDE DEEL.



AMSTERDAM,
C. G. VAN DER POST.
1870.

GEDRUKT BIJ DE ROEVER-KRÖBER-BAKELS.

INHOUD

VAN HET

VIERDE DEEL,

TWEEDE REEKS.

VERSLAGEN.

MEDEDEELINGEN.

VERSLAGEN EN MEDEDEELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

VAN

WETENSCHAPPEN.

Afdeeling NATUURKUNDE.

TWEEDE REEKS.

Vierde Deel. — Eerste Stuk.



AMSTERDAM,
C. G. VAN DER POST.
1869.

EEN NIEUWE SOORT VAN *ARGOSTEMMA*,

BIJDRAGE TOT DE

FLORA VAN NEDERLANDSCH INDIË.

DOOR

W. F. R. SURINGAR.

(Medegedeeld op de Vergad. der Kon. Akad. v. Wetensch. van 30 Jan. 1869).



Argostemma coenosciadicum.

Descr: CAULIS herbaceus $1\frac{1}{2}$ decim. altus *basi radicans suberectus* teres praesertim superne pilosus. FOLIA per paria 7—8 *opposita inter se aequalia*, *longiuscule* (ad. 2 cm) *pedicellata ovato-lanceolata*, longitudine (4—6 cm) latitudinem bis superante, infima minora caduca, *suprema approximata* breviter pedicellata basi rotundata, omnia *in pagina superiore* et *subtus in nervis dense hirsuta,* pilis erectis plus minus incurvis rigidiusculis albis; *stipulae* interpetiolares e basi dilatata cum pedicellis cohaerente *late ovatae*, *saepius acutiusculae s. breviter acuminatae* latitudine longitudinem subaequante *glabrae ciliatae.* UMBELLA terminalis *sessilis definita composita multiflora* foliis (hoc loco minoribus) et stipulis (hoc loco majoribus) involucrata 4-*radiata,* radiis $2\frac{1}{2}$ cm longis *umbellulis* itidem *difinitis* 4—8 *floris*, terminali majori, involucellorum foliolis parvis (2 mm) late ovato-acuminatis v. acutis, pedunculis 3—5 mm. longis. FLORES *pentameri.* CALYX *cum pedunculis dense lanato-pilosus*, pilis longis cripulis patentissimis, *lobis parvis late-ovatis acutis vel acutiusculis.* COROLLA *rotato-infundibuliformis quinquefida* alba, *laciniis ovato-lanceolatis acutiusculis* extus sparse pilosis. STAMINA imo fundo corollae inserta, filamentis brevibus, *antheris* in conum

concretis *rostratis* basi rimis longitudinalibus introrsum dehiscentibus. Discus *planus*. Stylus filiformis tubo antherarum inclusus, stigmate vix exserto capitato. Ovarium inferum 2 loculare placentis reniformibus carnosis septi superiori parti affixis multiovulatis; ovulis hemitropis. (Fructus anti maturitatem deciderunt).

Floruit in Horto Lugduno-Batavo ubi sponte provenerat e terra cum aliis plantis ex horto Bogoriensi insulae *Javae* allata.

De hier beschreven plant behoort tot een klein maar merkwaardig geslacht van kruidachtige plantjes, uit de familie der *Cinchonaceae,* welker overstaande bladen bij sommige soorten dezelfde bijzonderheid vertoonen die aan de *Melastomaceën* eigen is, nl. de ongelijkheid in grootte tusschen de bladen van hetzelfde paar, terwijl de wijd openstaande bloemen en de kegelvormig aangesloten, soms vergroeide helmknoppen aan het geslacht *Solanum* herinneren. De bloeiwijze, in 't algemeen een cyma, is een enkele maal aarvormig verlengd, meestal scherm- of tuilvormig samengetrokken. Bij onze soort treft men een samengesteld scherm aan, waarvan het middelste schermpje zich vóór de andere ontwikkelt en evenzoo in elk schermpje op zich zelf het eerst de middelste of topbloem; dus een *umbella definita composita,* aan welke eigenschap de soortnaam *coenosciadicum* is ontleend.

Toen wallich in 1824 het geslacht Argostemma opstelde, beschreef hij tevens vier soorten, waaraan weldra, door blume, vier andere, Javaansche, werden toegevoegd. In 1838 werd door bennet eene nieuwe bewerking van het geslacht gegeven; 21 soorten werden opgesomd, eene van de westkust van tropisch-Afrika, de andere allen uit Indie. Onder deze waren de Javaansche soorten met ééne vermeerderd: vijf andere waren, mede door horsfield, op Sumatra ontdekt, ééne op Borneo door al. brown. In de *flora van Neerl. Indie* door miquel vinden wij wederom drie nieuwe soorten beschreven, alle van Sumatra, twee door junghuhn, één door korthals verzameld, terwijl deze laatste reeds vroeger nog eene andere, aldaar door hem ontdekte soort, zelf beschreven had. Onze O. I. bezittingen leverden dus de meeste soorten: Sumatra alleen telt, volgens

het bovenaangehaalde werk van MIQUEL, 14. Zij groeijen, gelijk HORSFIELD opmerkte, meestal in de wouden der bergen, tusschen de 5 en zevenduizend voet boven de oppervlakte der zee

De plaats, die *A. coenosciadicum* onder de beschreven soorten behoort in te nemen, is nabij die, welke door BLUME, HORSFIELD en REINWARDT op Java verzameld en door den eerstgenoemde als *A. montanum* beschreven is *). Zij onderscheidt zich daarvan allereerst door het rijkbloemige zamengestelde (niet enkelvoudige 4—6-bloemige) scherm, en door het niet ontwikkeld zijn der bovenste stengelleden, waardoor de bovenste bladen dicht opeengedrongen staan en de bloeiwijze (ongesteeld) onmiddellijk op de bladen volgt. Voorts zijn de bladen in het geheel grooter, betrekkelijk tot hare lengte breeder, meer eivormig, en, vooral de bovenste, aan den voet afgerond. De steunblaadjes zijn bij *A. montanum* BL. meer langwerpig en stomp, bij *A. coenosciadicum* breeder, soms even breed als lang en bij de middelbladen bijna spits of aangespitst. De bloemen zijn bij deze laatste soort iets kleiner, de kelkslippen betrekkelijk breeder, bijna tweemaal korter; ook is de snavel der helmknoppen, die bij *A. montanum* BL. ongeveer de helft van de lengte der geheele anthera inneemt, hier doorgaans iets korter, nl. $\frac{1}{3}$ der anthera. In sommige opzigten is er dus grooter overeenstemming met *A. pauciflorum* BL. die inderdaad als de naast verwante moet worden beschouwd, ofschoon de zeer arme (1—3-bloemige) inflorescentie en de vliezig doorschijnende bladen haar een meer afwijkenden habitus verleenen.

Wat de beharing betreft worden (BENNET in HORSFIELD Pl. jav. rar. p. 92 tab. 22) de bladen van *A. montanum* BL. als verspreid behaard beschreven, en vertoont de afbeelding zelfs in 't geheel geen haren op de bladen, terwijl bij onze plant eene sterke recht opstaande beharing terstond in het oog valt. Intusschen is mij gebleken, dat verschillende exemplaren van *A. montanum*, ten opzichte van de meerdere of mindere dichtheid der beharing, nog al uiteen loopen, en dat enkele in dat opzicht zelfs zeer nabij komen aan *A. coenosciadicum*, terwijl de bloem-

---

*) *A. boragineum* BL. onderscheidt zich terstond door de bloeiwijze, die aldaar geen *scherm-*, maar een *tuilvormige* cyma is, voorts door vorm en grootte der bladen enz.

stelen en de kelk wel is waar in de geciteerde afbeelding van *A. montanum* met aangedrukte haren worden voorgesteld, maar inderdaad in de door mij geraadpleegde exemplaren op gelijke wijze als *A. coenosciadicum* met lange opstaande, eenigzins kroeze haren zijn voorzien. Ook leveren de haren, elk op zich zelf, bij mikroskopisch onderzoek, in beide soorten geen verschil op. Bij *A. pauciflorum* BL. daarentegen (waar tevens het blad meer vliezig en doorschijnend is) onderscheiden zij zich door grooter diameter, terwijl zij b.v. bij *A. Teysmanniamum* MIQ. niet slechts korter en dunner, maar tevens, in plaats van aan den voet verbreed, aldaar een weinig versmald zijn.

VERKLARING DER PLAAT.

1. Houding der plant, natuurlijke grootte.
2. Een stuk van den stengel met een paar bladen en steunblaadjes: de naar voren gerichte steunblaadjes zijn opzettelijk eenigzins opgebogen, om den vorm te kunnen zien.
3. Haren van het blad 20 maal vergroot.
4. Bloem van ter zijde met bracteolae.
5. 〃 van boven gezien.
6. Kelk van boven gezien, met discus.
7. Bloemkroon verticaal doorgesneden, met inplanting der meeldraden.
8. overlangsche doorsnede van kelk en vruchtbeginsel.
9. id. driemaal vergroot, doorsnede loodrecht op het tusschenschot.
10. id. doorsnede evenwijdig aan het tusschenschot.
11. dwarse doorsnede van het vruchtbeginsel.
12. Zuiltje der meeldraden; boven steekt het stigma uit.
13. Meeldraad aan de binnenzijde.
14. 〃 van ter zijde.
15. twee verbonden meeldraden van de binnenzijde.
16. eitjes 70 maal vergroot.

Fig. 1, 2, 4—8 natuurlijke grootte. Fig. 9—15 driemaal vergroot.



W F. R. SURINGAR,
Argostemma coenosciadium.

OVER DE BEWEGING IN EENE MIDDENSTOF,

WIER TEGENSTAND EVENREDIG IS

AAN DE DERDE MACHT DER SNELHEID.

DOOR

G. F. W. BAEHR.

Voorgedragen in de Vergadering der Academie van 27 Maart 1869.



In de *Philosophical Transactions* voor 1868, bladz. 417, worden door den heer BASTFORTH, Professor in de toegepaste wiskunde aan de militaire school te Woolwich, de uitkomsten medegedeeld van talrijke reeksen van proeven, die gedaan werden om den tegenstand der lucht op de beweging der projectielen te onderzoeken.

Met een chronographischen toestel, die door hem opzettelijk voor de proefnemingen was ingericht, kon men zeer naauwkeurig de oogenblikken bepalen waarop een nagenoeg in horizontale richting voortgeschoten kogel door elk van de tien schermen ging, die op onderling gelijke afstanden van 150 engelsche voeten opgesteld waren, en waarvan het eerste op 75 voet van het geschut verwijderd was. Blijkbaar verkreeg hij daardoor ook de tijden waarin ruimten, die met gelijke verschillen op klimmen, doorloopen zijn, en hij bevond dat de tweede verschillen van die tijden zeer nabij even groot waren. Hieruit leidde hij af, dat de betrekking tusschen den tijd t en de doorloopen ruimte s,

$$t = as + bs^2$$

moest zijn, waarin de coëfficienten a en b uit de uitkomsten der proeven berekend kunnen worden. Voorts geeft die betrekking,

voor de snelheid v

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{1}{a + 2bs},$$

en voor de versnelling f,

$$f = \frac{d^2 s}{dt^2} = -\frac{2b}{(a + 2bs)^3},$$

of

$$f = -2b\,v^3;$$

de vertraging, door den tegenstand der lucht, zoude dus evenredig geweest zijn aan de derde macht der snelheid. Deze onderstelling, die ook reeds sinds eenigen tijd ten grondslag is gelegd voor de ballistische onderzoekingen aan de artillerie-school te Metz, geeft voor groote snelheden uitkomsten die vrij goed aan de praktijk voldoen. Van haar uitgaande wordt in het volgende eene formule gezocht, waardoor de coëfficient van tegenstand, namelijk $2b$, onmiddelijk berekend kan worden, als de richting en grootte der aanvankelijke snelheid, benevens de horizontale boogschootsverheid gegeven zijn. Op verschillende gevallen toegepast, moet die formule overeenstemmende uitkomsten geven, zoo de onderstelling waarop zij berust de waarheid nabij komt.

Reeds in 1716 heeft Johan Bernoulli, wien men had voorgesteld de beweging te bepalen van een lichaam in eene middenstof wier tegenstand evenredig zou zijn aan de tweede macht der snelheid, het meer algemeen vraagstuk opgelost, waarbij die tegenstand evenredig aan eene willekeurige macht der snelheid wordt genomen, of liever, die oplossing tot aan de quadraturen gebracht, dat is tot daar, waar eigenlijk de analytische zwarigheden beginnen. Later werd dit onderwerp herhaaldelijk door meerdere wiskundigen behandeld, waaronder Jacobi, van wien men, voor het geval dat de tegenstand evenredig wordt gesteld aan eene constante plus een term evenredig aan eene willekeurige macht der snelheid, eene herleiding tot de quadraturen vindt, in eene verhandeling *de motu puncti singularis,* welke voorkomt in het 2de deel van het *Journal von Crelle.*

Bij al die beschouwingen wordt de massa van het lichaam in het zwaartepunt vereenigd gedacht, dus het lichaam beschouwd

als een enkel massief punt, waarop de tegenstand der middenstof in de richting van de raaklijn aan de baan werkt Dan zijn, als de tegenstand evenredig aan de derde macht der snelheid wordt gesteld, terwijl de as der x horizontaal, en die der z verticaal in tegengestelde richting van de zwaartekracht wordt genomen, de vergelijkingen der beweging

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = - m \frac{ds^2}{dt^2} \cdot \frac{dx}{dt}, \qquad \frac{d^2 z}{dt^2} = - g - m \frac{ds^2}{dt^2} \frac{dz}{dt},$$

waarin $g = 9.808 \ldots$ de versnelling der zwaartekracht, s de boog der baan, en $m = 2b$ de coëfficient van tegenstand is, zoodat

$$m v^3 = m \frac{ds^3}{dt^3}$$

de vertraging is, door dien tegenstand voortgebracht.

Wanneer nu de richting der aanvankelijke snelheid een kleinen hoek maakt met de horizontale lijn, welk geval men hier alleen in het oog heeft, dan blijft ook voor het gedeelte der baan, dat boven die lijn ligt, de helling der raaklijn gering. Men mag dan bij benadering in plaats van de bogen hunne horizontale projectien nemen, dat is, ds door dx vervangen. Dewijl, als φ de helling der raaklijn voorstelt,

$$dx = ds \; Cos. \varphi = (1 - \tfrac{1}{2} \varphi^2 + \ldots) \, ds,$$

komt dit neer op het niet in rekening brengen van de tweede en hoogere machten der kleine hellingen.

Hierdoor gaan de vergelijkingen der beweging over in

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = - m \frac{dx^3}{dt^3}, \qquad \frac{d^2 z}{dt^2} = - g - m \frac{dx^2}{dt^2} \cdot \frac{dz}{dt};$$

waarvan de eerste geeft

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{C + mx},$$

en, dit in de tweede stellende,

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = - g - \frac{m}{(C + mx)^2} \cdot \frac{dz}{dt},$$

waaruit verder volgt

$$\frac{dz}{dt} = -gt + \frac{gm(3Cx^2 + mx^3) + C_1}{6(C + mx)}.$$

Stelt men nu den oorsprong der coördinaten in het punt waar het lichaam zijne beweging begint, dan is voor $t=0$ ook $x=0$ en $z=0$ en, als de aanvankelijke snelheid a een hoek α met de as der x maakt,

$$\text{voor } t = o, \quad \frac{dx}{dt} = a\, Cos.\, \alpha, \qquad \frac{dz}{dt} = a\, Sin.\, \alpha,$$

zoo dat men verkrijgt, door met die gegevens de constanten C en C_1, te bepalen,

$$\frac{dx}{dt} = \frac{a\, Cos.\, \alpha}{1 + max\, Cos.\, \alpha},$$

$$\frac{dz}{dt} = -gt + \frac{gm(3x^2 + max^3) + 6a\, Sin.\, \alpha}{6(1 + max\, Cos.\, \alpha)}.$$

Uit de eerste van deze volgt nu

$$\frac{2x + max^2\, Cos.\, \alpha}{2a\, Cos.\, \alpha} = t,$$

hetgeen de betrekking is tusschen den tijd t en de in horizontale richting doorloopen ruimte, die uit de boven aangehaalde proeven afgeleid was.

Voorts geeft de tweede vergelijking

$$z = -\tfrac{1}{2}gt^2 + x\, Tang.\, \alpha + \frac{gmx^3(1 + \frac{1}{4}ax\, Cos.\, \alpha)}{6a\, Cos.\, \alpha},$$

of als men t^2 in x uitdrukt, en na herleiding,

$$z = \frac{x}{12a^2\, Cos.^2\alpha}\left\{6a^2 Sin.2\alpha - 6gx - 4magx^2\, Cos.\alpha - m^2a^2gx^3\, Cos.^2\alpha\right\}.$$

Aanvankelijk, dat is voor $x=0$, is ook $z=0$; de waarde van x waarvoor z wederom nul wordt, of de horizontale boogschootsverheid, zal men dus vinden uit de vergelijking

$$6a^2\, Sin\, 2\alpha - 6gx - 4magx^2\, Cos.\, \alpha - m^2a^2gx^3\, Cos.^2\alpha = 0,$$

of, na rangschikking,

$$x^3 + \frac{4}{a\,m\,Cos.\,\alpha}\,x^2 + \frac{6}{a^2\,m^2\,Cos.^2\,\alpha}\,x - \frac{6\,Sin.\,2\,\alpha}{m^2\,g\,Cos.^2\,\alpha} = 0.$$

Het blijkt dat deze vergelijking altijd slechts één positieven wortel heeft, kleiner dan de waarde van x die verkregen wordt door haar twee eerste positieve termen niet in rekening te brengen, dat is, kleiner dan

$$\frac{a^2}{g}\,Sin.\,2\,\alpha\,,$$

hetgeen de boogschootsverheid in het luchtledige zou zijn.

Buitendien zijn hare twee overige wortels onbestaanbaar; want, door

$$x = x' - \frac{4}{3\,a\,m\,Cos.\,\alpha}$$

te stellen, wordt zij

$$x'^3 + \frac{2}{3\,m^2\,a^2\,Cos.^2\,\alpha}\,x' - \ldots\ldots = 0\,,$$

waarin de coëfficient van den tweeden term werkelijk positief is.

De toegepaste benadering geeft dus vooreerst geene tegenstrijdige uitkomsten, en kan nader beproefd worden door uit de vergelijking $z=0$ den verlangden coëfficient m optelossen.

Men verkrijgt alzoo, in aanmerking nemende dat hier alleen de positieve waarde van m te pas kan komen,

$$m = \frac{-2 + \sqrt{\left(\frac{6\,a^2\,Sin.\,2\,\alpha}{g\,x} - 2\right)}}{a\,x\,Cos.\,\alpha}\,,$$

voor de formule, die men op het oog had.

In de Handleiding tot de kennis der Artillerie, van den luitenant generaal J. P. C. VAN OVERSTRATEN, tweede druk, bladz. 80, vindt men eene schootstafel voor gewone kanonnen, waaruit wij de volgende gegevens, voor vier verschillende gevallen, overnemen. De lengten zijn daarbij in meters, de gewichten in kilogrammen uitgedrukt.

Kaliber.		Aanvankelijke snelheid. (a)	Boogschootsverheid. (x)	Gewicht van den kogel.	Middellijn van den kogel.
1e	24 ℔	435	1020	11.856	0.1458
2e	18 ℔	430	975	8.892	0.1325
3e	12 ℔	425	930	5.928	0.1156
4e	6 ℔	420	860	2.964	0.0916

Voor alle vier is de elevatie, of de helling der aanvankelijke snelheid $\alpha = 2°$. De projectielen zijn bolvormige ijzeren massieve kogels.

Men ziet nu gemakkelijk in dat m evenredig is aan het oppervlak en omgekeerd evenredig aan de massa van het bewegend lichaam; zoo dat, voor bolvormige kogels van hetzelfde soortelijk gewicht, m omgekeerd evenredig is aan de middellijn d. Men moet dus in de vier gevallen voor het product $m \times d$ een zelfde getal A vinden.

Onze formule geeft nu,

1e $Log.\ m = 3.98906-10$
$Log.\ d = 9.16376-10$
$Log.\ A = 3.15282-10$

2e $Log.\ m = 4.04832-10$
$Log.\ d = 9.12222-10$
$Log.\ A = 3.17054-10$

3e $Log.\ m = 4.10891-10$
$Log.\ d = 9.06296-10$
$Log.\ A = 3.17187-10$

4e $Log.\ m = 4.21973-10$
$Log.\ d = 8.96190-10$
$Log.\ A = 3.18163-10$

of

1e A = 0.0000001422
2e A = 0.0000001481
3e A = 0.0000001486
4e A = 0.0000001519,

welke uitkomsten inderdaad niet veel van elkaar verschillen.

Voor een ronden ijzeren massieven kogel, welks middellijn d in meters is uitgedrukt, zal dus de coëfficient van tegenstand zijn

$$m = \frac{A}{d}$$

Om uit de boven berekende waarde van m, dien coëfficient te vinden voor holle ronde kogels, of voor kogels, waarvan alleen het gewicht P in kilogrammen en de middellijn d in meters gegeven zijn, stelle men

$$m = \frac{B\,d^2}{P};$$

men moet dan in de vier gevallen voor B hetzelfde getal verkrijgen.

Men verkrijgt, door de in de tabel opgegevene waarden voor de gewichten en middellijnen, in de overeenkomstige waarde van m te substitueeren,

1e *Log.* B = 6.73548—10, B = 0.0005439,
2e *Log.* B = 6.75288—10, B = 0.0005661,
3e *Log.* B = 6.75590—10, B = 0.0005700,
4e *Log.* B = 6.76781—10, B = 0.0005859,

welke waarden ook eene groote overeenstemming vertoonen.

In de Annales Scientifiques de l' école normale supèrieure etc. à Paris, Tome cinquième, Annèe 1868, N° 1, vindt men eene uitstekende verhandeling van den heer Paul Gautier, Professeur au Lycée d' Alger, over het schot uit het getrokken geschut, en de beweging van den puntkogel in de lucht. Op bladzijde 51 zegt de schrijver, die, om zijne formulen toe te passen, de waarde moet hebben van zekeren coëfficient, „le coëfficient ε se „déduit des expériences de balistique faites sur des boulets sphé„riques. On a trouvé que la résistance de l' air sur un boulet „sphérique de rayon R et animé de la viterse v était

$$F = \frac{1}{7100}\,\pi\,R^2\,v^3."$$

zonder meer. Uit hetgeen daarop volgt blijkt, dat de helft van die waarde den luchttegenstand geeft, zoo als die boven beschouwd is. De vertraging is dan, als P het gewicht van den kogel en g de versnelling der zwaartekracht voorstelt,

$$g\,.\,\frac{\frac{1}{2}F}{P} = m\,v^3,$$

en dus onze coëfficient m, als men de middellijn d=2R invoert,

$$m = \frac{\pi\, g}{8 \times 7100}\, \frac{d^2}{P},$$

of

$$m = 0{,}0005425\, \frac{d^2}{P},$$

waarmede de bovengevondene waarde voor β wederom zeer goed overeenstemt.

Men kan nog op eene andere wijze tot de gevonden formulen geraken, waarbij dan blijkt, dat de voorgaande beschouwing eigenlijk slechts de derde machten van de hellingen φ buiten rekening heeft gelaten.

Schrijft men de vergelijkingen der beweging in den vorm

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -m v^3 \, Cos.\, \varphi, \qquad \frac{d^2 z}{dt^2} = -g - m v^3 \, Sin.\, \varphi,$$

en brengt men daarin over

$$\frac{dx}{dt} = v \, Cos.\, \varphi, \qquad \frac{dz}{dt} = v \, Sin.\, \varphi,$$

dan worden zij

$$Cos.\, \varphi \frac{dv}{dt} - v \, Sin.\, \varphi \frac{d\varphi}{dt} = - m v^3 \, Cos.\, \varphi,$$

$$Sin.\, \varphi \frac{dv}{dt} + v \, Cos.\, \varphi \frac{d\varphi}{dt} = - g - m v^3 \, Sin.\, \varphi;$$

waaruit men vindt

$$v \frac{d\varphi}{dt} = - g \, Cos.\, \varphi,$$

$$\frac{dv}{dt} = - g \, Sin.\, \varphi - m v^3,$$

en verder, door den tijd te elimineeren,

$$g \, Cos.\, \varphi \, dv - gv \, Sin.\, \varphi \, d\varphi = m v^4 \, d\varphi.$$

Deze vergelijking wordt integreerbaar als men haar beide leden door $v^4 Cos^4 \varphi$ deelt, waardoor zij overgaat in

$$\frac{1}{Cos.^3 \varphi}\, d \cdot \frac{1}{v^3} + \frac{1}{v^3}\, d \frac{1}{Cos.^3 \varphi} = - \frac{3\, m}{g} \cdot \frac{d\varphi}{Cos^4 \varphi},$$

zoodat men verkrijgt

$$\frac{1}{v^3\ Cos.^3\ \varphi} = -\frac{m}{g}\frac{Sin.\ \varphi}{Cos.^3\ \varphi}(1 + 2\ Cos.^2\ \varphi) + C$$

waarin, omdat, $v = a$ moet worden voor $\varphi = \alpha$,

$$C = \frac{1}{a^3\ Cos.^3\ \alpha} + \frac{m}{g}\frac{Sin.\ \alpha}{Cos.^3\ \alpha}(1 + 2\ Cos.^2\ \alpha).$$

Die vergelijking geeft

$$v = \frac{g^{\frac{1}{3}}}{Cos.\ \varphi\ (Cg - 3m\ Tg\ \varphi - m\ Tg^3\ \varphi)^{\frac{1}{3}}},$$

en, door dit in de vroeger gevondene

$$v\frac{d\varphi}{dt} = -g\ Cos.\ \varphi$$

of

$$\frac{v\ d\ \varphi}{Cos.\ \varphi} = -g\ d\ t$$

over te brengen,

$$\frac{d\ Tang.\ \varphi}{(Cg - 3\ m\ Tg\ \varphi - Tg^3\ \varphi)^{\frac{1}{3}}} = -g^{\frac{2}{3}}\ d\ t,$$

welke niet onder een eindigen vorm integreerbaar is. Laat men echter de derde machten van φ, dus ook $Tang.^3\varphi$, buiten rekening, met het oog op toepassingen waarbij die hellingen gering zijn, dan wordt zij

$$\frac{d\ Tang.\ \varphi}{(Cg - 3\ m\ Tang.\ \varphi)^{\frac{1}{3}}} = -g^{\frac{2}{3}}\ d\ t,$$

en geeft, in aanmerking nemende dat $\varphi = \alpha$ moet zijn voor $t = o$,

$$\frac{1}{2\ m}\left\{(Cg - 3\ m\ Tang.\ \varphi)^{\frac{2}{3}} - (Cg - 3\ m\ Tang.\ \alpha)^{\frac{2}{3}}\right\} = g^{\frac{2}{3}}\ t$$

zoodat men, omdat met weglating van $Tang.^2\alpha$,

$$C = \frac{1}{a^3\ Cos.^3\ \alpha} + \frac{3\ m}{g}\ Tang.\ \alpha$$

wordt, zal hebben

$$(\mathrm{C}g - 3\,m\,Tang.\varphi)^{\frac{2}{3}} = \frac{g^{\frac{2}{3}}}{a^2\;Cos.^2\,\alpha}(1 + 2\,a^2\,mt\,Cos.^2\,\alpha).$$

Voorts heeft men dan

$$d\,x = v\;Cos.\,\varphi\,d\,t = \frac{g^{\frac{1}{3}}\,d\,t}{(\mathrm{C}g - 3\,m\;Tang.\,\varphi)^{\frac{1}{3}}},$$

of,

$$d\,x = \frac{a\;Cos.\,\alpha\,d\,t}{(1 + 2\;a^2\;m\,t\;Cos.^2\;\alpha)^{\frac{1}{2}}},$$

en bijgevolg

$$x = \frac{(1 + 2\;a^2\,m\,t\;Cos.^2\;\alpha)^{\frac{1}{2}} - 1}{a\;m\;Cos\;\alpha},$$

welke vergelijking zich gemakkelijk herleidt tot de vroeger gevondene

$$\frac{2\,x + a\,m\,x^2\;Cos.\,\alpha}{2\,a\;Cos.\,\alpha} = t.$$

Brengt men nu in

$$d\,z = Tang.\,\varphi\,d\,x$$

de waarde, die voor $Tang.\,\varphi$ uit eene hier boven gevonden vergelijking volgt, namelijk

$$Tang.\,\varphi = \frac{a^3\,g\,\mathrm{C}\;Cos.^3\,\alpha - g\,(1 + 2\;a^2\;m\,t\;Cos.^2\;\alpha)^{\frac{3}{2}}}{3\;m\;a^3\;Cos.^3\;\alpha},$$

hier in voor C en t de gevonden waarden stellende, dan verkrijgt men na herleiding

$$d\,z = \frac{(g + 3\;m\;a^3\;Sin.\;\alpha\;Cos.^2\;\alpha) - g\,(1 + a\,m\,x\;Cos.\;\alpha)^3}{3\;a^3\;m\;Cos.^3\;\alpha}\,d\,x,$$

dus, terwijl z en x tegelijk nul worden,

$$z = \frac{(g + 3ma^3\,Sin.\alpha\,Cos.^2\alpha)x}{3\;a^3\;m\;Cos.^3\;\alpha} - \frac{g(1 + amx\,Cos.\alpha)^4}{12\,a^4\,m^2\,Cos.^4\,\alpha} + \frac{g}{12a^4\,m^2\,Cos.^4\,\alpha},$$

welke herleid zijnde de vroeger gevondene betrekking tusschen z en x geeft.

Wij merken nog op, dat men de abcis van het hoogste punt der baan vindt uit de vergelijking *Tang.* $\varphi = 0$, dat is,

$$(g + 3\, m\, a^3\, Sin.\, \alpha\; Cos.^2\, \alpha) - g\,(1 + a\, m\, x\; Cos.\, \alpha)^3 = 0,$$

of, als men alleen de eerste machten van de kleine grootheid m in rekening brengt,

$$1 + \frac{m\, a^3\; Sin.\, \alpha\; Cos.^2\, \alpha}{g} = 1 + a\, m\, x\; Cos.\, \alpha,$$

waaruit dan

$$x = \frac{a^2\; Sin.\, \alpha\; Cos.\, \alpha}{g},$$

hetgeen de helft is van de horizontale boogschootverheid in het luchtledige. Volgens hetgeen vroeger uit de vergelijking $z=0$ is gevonden, bedraagt dit meer dan de helft van den afstand die onder de werking van den tegenstand der lucht wordt bereikt, zoodat ook de dalende boog der baan, eene grootere helling zal hebben dan de klimmende. Uit de overeenstemming der vroeger berekende getallenwaarden voor m, schijnt men te mogen besluiten, dat voor groote snelheden de wederstand der lucht inderdaad evenredig wordt aan de derde macht der snelheid, en dat deze onderstelling ten grondslag genomen kan worden voor een meer dieper onderzoek, dan men zich hier voorgesteld had.

Delft, Maart 1869.

BIJDRAGEN TOT DE FLORA VAN JAPAN.

DOOR

F. A. W. MIQUEL.

(ZIE VERSL. EN MEDED. DEEL III. BLZ. 295).
Aangeboden in de Vergadering der Afdeeling van 29 Mei 1869.



II. MELANTHACEËN.

In Japan is deze groep even als in Noord-Amerika sterk vertegenwoordigd. Aan de ontdekkingen van THUNBERG, SIEBOLD en BUERGER hebben de Amerikaansche botanisten, alsmede MAXIMOWICZ en TSCHONOSKY vele belangrijke soorten toegevoegd. Toen ik in de Prolusio Florae Japonicae een overzicht der Japansche Flora mededeelde, waren mij de ontdekkingen der beide laatstgenoemde kruidkundigen slechts ten deele bekend, spoedig daarna echter ontving 's Rijks Herbarium te Leiden daarvan eene belangrijke verzameling, waardoor ik thans in staat ben, onderscheidene punten toe te lichten.

Chamaelirium luteum had onder de Japansche Melanthaceën bijzonder mijne aandacht getrokken, omdat het zoolang miskende Melanthium luteum van THUNBERG daardoor werd opgehelderd en mij daarbij bleek dat deze soort identisch is met de Noord-Amerikaansche soort (Ch. Carolinianum W.), met die eigenaardigheid dat zij in Japan hermaphroditisch, in Amerika dioecisch is (Prolus. p. 308.) — MAXIMOWICZ, nog onbekend met deze beschouwingen, hoezeer de identiteit met THUNBERG's plant vermoedende, beschouwde haar als een afzonderlijk geslacht (Chionographis japonica, *Bullet. Acad. St. Petersb.* XI. *p.* 210). Ik vermoed dat de door hem onderzochte bloemen in niet geheel normalen toestand waren, maar omtrent de identiteit zijner plant

met onze door SIEBLOD verzamelde, laat het onderzoek der door hem ons medegedeelde voorwerpen geene onzekerheid over. Zijne beschrijving bevestigt bovendien dat de vrucht eene zaaddoos is, dat de bloemen eene witte kleur hebben en eerst door het droogen geel worden. Hij vond dit gewas langs beekjes in de wouden van Kiusiu en op het gebergte Kundsho-San.

Mijn vermoeden dat *Zygadenus japonicus* (*Versl. en Meded.* 2de *Ser.* II. *p.* 88) het *Veratrum Maackii* REGEL (*Fl. Ussur. p.* 154) kon wezen (*Prolus. p.* 310) werd door MAXIMOWICZ volkomen bevestigd. Ik aarzel echter zijn veel verder strekkend gevoelen aan te nemen, dat de genoemde Veratrum-soort tot de vormen van Vertrum nigrum moet gerekend worden. Hare steeds smal-lijnvormige bladen leveren, in verband met andere kenmerken, een zoo in het oog vallend verschil op van de breed-ovale bladen van V. nigrum, dat zonder volledige tusschenvormen eene vereeniging mij gewaagd voorkomt. — MAXIMOWICZ ontdekte dit gewas bij Jokohama, met purperkleurige en met witte bloemen.

Van *Veratrum nigrum* LINN., vroeger reeds door SMALL verzameld, werd door MAXIMOWICZ eene verscheidenheid, var. *β* intermedium, bij Hakodade verzameld, die evenwel van de soort slechts weinig afwijkt.

Veratum album LINN. biedt in Japan zeer uiteenloopende vormen aan, meer dan in eenig ander land en die van de typische soort meer verschillen dan bijv. *V. Lobelianum* in ons werelddeel. MAXIMOWICZ heeft ons twee onderling zeer verschillende vormen medegedeeld: *α var. grandiflorum*, bij Hakodade verzameld, een krachtig robust gewas met zeer breede groote bladen en groote bloemen, 4 lijn lang of nog langer — *β var. parviflorum*, in de prov. Nambu van het eiland Nippon door TSCHONOSKY verzameld, in de hoogste mate afwijkend. De geheele plant heeft een tenger voorkomen, de onderste bladen zijn elliptisch, de bovenste lancetvormig, de bloemtrossen zamengesteld en sterk grijs behaard, de bloemen in het oog vallend klein, $1\frac{1}{3}$ lijn lang. Andere essentiële verschillen heb ik echter aan de gedroogde exemplaren niet kunnen ontdekken.

Het gevoelen van MAXIMOWICZ, dat het geslacht *Sugerokia* met *Helionopsis* kan vereenigd worden, kan ik niet deelen. De

zaaddozen van dit laatste geslacht, mij door ASA GRAY medegedeeld, leveren in het getal, den vorm en den bouw der zaden een groot verschil op, dat bij de vaststelling van genera in deze groep algemeen als van eene eerste waarde erkend is. Verwerpt men dit, dan vervalt de geheele methode van klassificatie der Melanthaceae. — *Helionopsis breviscapa* MAXIM. (*pauciflora olim*, *non* A. GRAY) is volgens de authentieke exemplaren, slechts een kleiner vorm van *Sugerokia japonica*.

CONSPECTUS MELANTHACEARUM JAPONICARUM.

Tofjeldia HUDS.

1. *T. nutans* W. — In prov. Nambu legit TSCHONOSKY.
2. *T. sordida* MAXIM. *Bull. St. Petersb.* XI p. 212. — In montibus circa Jedo leg. MAXIMOWICZ.
3. *T. japonica* MIQ. *Prol.* p. 365 et 368. In Nippon leg. KEISKE et in regione circa Mikawa KAISO.

Chamaelirium WILLD.

1. *Ch. luteum* A. GRAY *Manual* ed. 1. p. 478. MIQ. *Prolus.* p. 308. 368. Melanthium luteum THUNB. — M. Japonicum WILLD. — Helonias japonica R. S. — Chionographis japonica MAX. (Helonias lutea AIT. — N. dioica PURSH. — Veratrum luteum LINN.). — In Nippon leg. SIEBOLD; in insulae Kiusiu m. Kundsho-San secus rivulos, in Kumamoto in sylvis Cryptomeriae MAXIMOWICZ

Sugerokia MIQ.

1. *S. japonica* MIQ. *Prol.* p. 309. — Scilla japonica TH. Helionopsis japonica et H. breviscapa (pauciflora olim) MAXIM. In ins. Kiusiu m. Wunzen et in ins. Nippon prov. Sennano et Nambu legerunt MAXIMOWICZ et TSCHONOSKY, antea in iisdem regionibus legerunt SUGEROK, KEISKE, SIEBOLD.

Helionopsis A. GRAY.

1. *H. pauciflora* A. GRAY. — MIQ. *Prol.* p. 310, excl. pl. MAXIMOWICZII homonyma.

Veratrum LINN.

1. *V. Maackii* REGEL *Fl. Ussur.* p. 154. Zygadenus japonicus MIQ. *Prolus.* p. 310.
2. *V. nigrum* LINN. — In ins. Jeso leg. SMALL.
3. *V. album* LINN. — *var. grandiflorum* MAXIM. (cf. supra); *var. parviflorum* MAXIM. (cf. supra).

Streptopus L. C. RICH. (MICHX).

1. *S. amplexifolius* DC.. — In promontorio Soya leg. WRIGHT.
2. *S. roseus* MICHX. — In ora Ochotsk et in ins. Aleuticis.

Disporum SALISB.

1 *D. sessile* DON, et var. *β* minus MIQ. *Prolus.* p. 311. — In Nippon, in Kiusiu prope Kokuro legit BUERGER — *β* in m. Wunzen KEISKE.
2. *D. pullum* SALISB. — Variis locis leg. SIEBOLD, BUERGER, MOHNIKE.
3. *D. smilacinum* A. GRAY. — In Simoda, prope Hakodade in pinetis leg. collectores americani.

Zeven genera in Japan tegen twaalf in N. Amerika; twee Japansche genera, die in Amerika ontbreken (Helionopsis en Sugerokia), zeven Amerikaansche die in Japan niet gevonden zijn. — Van de Japansche soorten groeijen 5, welligt 6 ook in Amerika.

III. VALERIANEËN.

In het overzigt van de Flora van Japan (*Prolusio Florae Japonicae*) had ik negen soorten van Valerianeën vermeld, waaraan MAXIMOWICZ later nog twee toevoegde. Hoezeer zijne en mijne onderzoekingen over het geheel gelijke uitkomsten hadden opgeleverd, bleek mij uit de nadere vergelijking der door dien verdienstelijken reiziger aan 's Rijks Herbarium onlangs medegedeelde exemplaren, dat onze bestemmingen ten gevolge van de meerdere of mindere volledigheid der exemplaren, die ons ten dienste stonden, eenig verschil opleverden en de uitkomsten

elkander wederkeerig konden aanvullen. Vooral betreft dit eenige soorten van *Valeriana* en *Patrinia*, die ik zonder rijpe vruchten bestemd had. Mijn vermoeden bijv. dat enkele Valeriana-soorten tot *Patrinia* konden behooren, werd bevestigd door de vruchtdragende exemplaren, die MAXIMOWICZ ons gezonden heeft. — Ik heb daarom een verbeterd overzigt van de soorten der beide geslachten opgemaakt

I. VALERIANA LINN.

1. *Valeriana dioica* MIQ. *Prolus.* p. 278.

2. *Valeriana officinalis* LINN. — MIQ. l. c. — In Japan schijnt deze ver verspreide soort nog meer te variëren dan in Europa. Eene opmerkelijke verscheidenheid, die ik t. a. p. als *β latifolia* beschreven heb, werd door MAXIMOWICZ ook in Amurland ontdekt en eene andere met drie paren lancetvormige en gezaagde blaadjes bij Nagasaki en op den berg Kigo San gevonden; beide vormen, door hem met *V. sambucifolia* vergeleken, werden, zoo als onze exemplaren, op het gebergte Obama en langs beekjes en rivieren in Nippon en Kiusiu verzameld. Het getal blaadjes is bij alle veel minder dan in de gewone vormen van *V. officinalis*, en sluiten deze japansche vormen zich zeer aan bij de aanverwante *V. sambucifolia* MIK.; maar stolones, een der kenmerken van deze soort, heb ik niet waargenomen. Men zou dus uit de Japansche vormen kunnen opmaken, dat *V. sambucifolia* als een locale vorm van *V. officinalis* moet beschouwd worden. — In die voorstelling wordt men bevestigd, wanneer men *V. officinalis* in de Flora's van verschillende landen vergelijkt; men overtuigt zich dan dat in vele gewesten eigenaardige wijzigingen optreden, geschikt om tijdelijk het cijfer van onhoudbare soorten te vermeerderen.

3. *Valeriana flaccidissima* MAXIM. *Mélang. biolog. l. c.* (*V. Hardwickii* WALLICH var. leiocarpa MIQ. l. c. p. 279).

Deze soort is aan de genoemde van WALLICH zoo verwant, dat ik haar slechts als eene variteit had onderscheiden. De japansche vormt stolones, volgens de waarneming van MAXIMOWICZ, die aan onze exemplaren echter ontbraken. DE CANDOLLE kent aan WILLICH's indische plant een "radix estolonosa" toe, maar

hij zag slechts een onvolledig exemplaar. Exemplaren echter uit Khasia, die ik later onderzocht, hebben geene stolones, waardoor het verschil schijnt bevestigd te worden. Dit, gevoegd bij de door mij reeds vermelde eigenaardigheden der japansche soort, schijnt het te regtvaardigen, de japansche als verschillend van de indische te beschouwen. De stolones zijn zeer dun, draadvormig, met uiterst kleine ronde bladen; de wortelbladen zijn tweemaal korter dan de steel, eirond, zeer stomp, aan den voet ligtelijk hartvormig, zaagsgewijs gekarteld, 6—8 lijn lang; de onderste stengbladen zijn liervormig-vindeelig; slippen in twee paren met eene topslip die veel grooter is, de onderste zijdelingsche zeer verkleind; naar boven ontwikkelen de bladen minder slippen en de bovenste bladen zijn enkel lancetvormig. — KEISKE ontdekte haar in de wouden van Nippon, MAXIMOWICZ bij Nagasaki.

4. *Valeriana diversifolia.* MIQ. *l. c.* — Eene eigenaardige soort, door de bijzonder lang gesteelde bladen gekenmerkt, maar wier plaats in dit geslacht, terwijl de vrucht onbekend is, eenigzins twijfelachtig blijft.

II. PATRINIA JUSS.

1. *Patrinia scabiosaefolia* LINK. — MIQ. *l. c.* — Gemeen in Japan en op het naburige vasteland van Azië.

2. *Patrinia villosa* JUSS. — MIQ. *l. c.* p. 280. De opmerking over den oorsprong der palea, t. a. p. door mij gemaakt, blijkt bij nader onderzoek onjuist te zijn. De „palea ad fructum adnata", is inderdaad eene vergrootte bracteola, die in deze soort echter met haar convex bovenvlak zoo zeer tegen de vrucht aangedrukt is, dat zij als aangegroeid schijnt. Men kan echter beide deelen, zonder scheuring van weefsels, van elkander scheiden. — Overigens is deze soort eene der meest algemeen voorkomende in Japan.

3. *Patrinia gibbosa* MAXIM. *Mélang. biol.* VI. p. 276.

Praecedenti non absimilis, sed folia praeter pilos subtus in nervis adpressos glabra, in petiolum brevem magis minusve decurrentia, vario gradu pinnatiloba, inferiora rotundata, reliqua

ovalia, suprema ovato-lanceolata et tantum duplicate grosse serrata. Flores majores quam in *P. villosa*, gibbere valde evoluto. Bracteolae lanceolatae calycem excedentes et ei appressae. Calycis glabri limbus 5-crenatus. Caulis superne et praesertim inter inflorescentiam bifacialiter pubescens. Corollae faux glabra. — Prope Hakodade detexit auctor.

4. *Patrinia triloba* MIQ. *l. c. p.* 279 *sub Valeriana. Patrinia palmatifida* MAXIM. *l. c.* — Calcar in floribus bene evolutis corolla duplo brevius, in nostris alabastriferis non nisi gibberis instar efformatum; bracteola (palea) rotundata fructu non adnata, sed eum tantum suffulciens.

Deze zeer kennelijke soort werd door SIEBOLD ontdekt en ten onregte door mij voor eene Valeriana gehouden, bij gemis aan volledig ontwikkelde bloemen en vruchten. MAXIMOWICZ deelde ons zeer volledige, van vruchten voorziene exemplaren mede. Hij ontdekte haar in Nippon, in de provincien Senano en Nambu.

5. *Patrinia japonica* MIQ. *l. c. sub Valeriana.* — Bracteola lanceolata calyci florenti appressa eoque longior; corolla lato-campaniformis basi leviter inaequalis; calicis limbus brevissimus; cymae pauciflorae; folia caulina vix 1 lin. lata.

De door SIEBOLD zonder nadere vermelding van standplaats verzamelde over het geheel onvolledige exemplaren wijken door hunne smalle en over het geheel kleine en bijkans ongesteelde bladen zoo zeer van alle japansche Valerianeën af dat deze soort tot de nog zeer twijfelachtige moet gebracht worden. Wegens de plaats der bracteola onmiddelijk onder den kelk, schijnt zij eerder eene Patrinia dan eene Valeriana te zijn.

Aan hetgeen ik t. a. p. over *Valerianella olitoria* MÖNCH heb medegedeeld, heb ik alleen bij te voegen dat ook MAXIMOWICZ haar bij Nagasaki verzamelde.

NIEUWE BIJDRAGEN

TOT

DE KENNIS DER CYCADEEN.

DOOR

F. A. W. MIQUEL.

Aangeboden in de Vergadering der Afdeeling van 29 Mei 1869.

ZESDE GEDEELTE.

NALEZING. — KLASSIFICATIE.

Cycas.

Toen ik in het eerste gedeelte dezer Bijdragen een overzigt van het geslacht Cycas mededeelde, was ik niet in staat eenige door GRIFFITH beschreven soorten te vergelijken, daar het mij niet mogelijk was geweest de *Notulae ad Plantas Asiaticas* te Calcutta uitgegeven, magtig te worden. Terwijl mij dat onlangs gelukt is, kan ik thans die leemte in mijnen arbeid verder aanvullen.

De met zorg uitgevoerde compilatie van het geslacht Cycas van ALPH. DE CANDOLLE (DC. *Prodr. Vol.* XVI) werd geheel onafhankelijk van mijnen arbeid bewerkt. De Schrijver was door bijzondere omstandigheden tot spoed genoodzaakt. Eenige punten van verschil zullen hierachter nader blijken. Het was denkelijk een lapsus calami te stellen, dat de rhachis

der bladen eene praefoliatio stricta heeft, dat alleen de blaadjes de circinale hebben, en dat de conus masculinus uit eene gemma lateralis ontstaat. Hoezeer omtrent dit laatste punt geene opzettelijke organogenetische nasporingen bestaan, pleit toch de bekende omstandigheid dat na het afvallen van den mannelijken kegel eene vertakking van den top plaats heeft, voor het tegenovergestelde gevoelen.

Aangaande de soorten heb ik eenige onjuistheden van minder beteekenis hier achter vermeld.

De door GRIFFITH beschreven en afgebeelde Cycades verschillen in vele opzigten van de tot nu toe bekende soorten; ik heb getracht de navolgende diagnosen daarvan vast te stellen:

1. *C. Jenkinsiana* GRIFF. *Notulae ad Plantas asiaticas* (a°. 1854) *p.* 9, *tab.* 360, *fig.* 1 et 2, et *tab.* 362, *fig.* I (carpophylla). Truncus saepe ramosus; folia quadripedalia petiolo lateribus spinuloso longo suffulta, foliolis coriaceis linearibus falcatis costâ utrinque prominente; carpophylla brevia (vix 5 poll. longa) rubigineo-tomentosa, laminâ sterili partem reliquam aequante lato-cordato-triangulari crasse cuspidatâ pectinato-pinnatifidâ, segmentis parti indivisae $\frac{1}{2}$ transverse aequilongis apicibus cum laminae facie interiore glabris; ovulis in superiore carpophylli parte fertili utrinque 1—5 (numero in carpellis exterioribus minore). — Truncus diametro usque tripedali; foliola 7—8 poll. longa, $3\frac{1}{2}$ lin. lata. Semina matura ellipsoidea leviter compressa, 18 lin. longa, 12 et 16 lata, e fusco flavescentia. — Crescit in *Assam inferiore*, circa Gowahatty, ubi detexit JENKINS. — Ab hac specie non diversa videtur:

C. pectinata (GRIFF.) *l. c. p.* 10, *tab. cit. fig.* 3, cuius carpophylla fere matura seminibus ideo magnis globoso-ellipsoideis flavescentibus instructa, laminâ sterili iisdem sursum magis repulsâ. An sit diversa ab homonyma supra enumerata, in Horto Calcuttensi culta et ab HAMILTON ita dicta, ultro inquiretur. Si conspecifica sit, nomen ab HAMILTON datum servari oportet.

2. *C. dilatata* GRIFF. *l. c. p.* 15. Folia cum petiolo circiter 4 pedes longa, petiolo canaliculato-convexo lateribus spinuloso; foliola 7—8 poll. longa, $3\frac{1}{2}$ lin. lata, basi decurrenti-inserta,

valde coriacea; carpophylla ferrugineo-tomentosa, laminâ sterili subcordatâ, lateribus pectinatâ, segmentis subulatis subpungentibus viridibus, apice latiore subulato-acuminatâ, parte fertili pauciovulatâ. — Locus natalis non adnotatus.

3. *Cycas macrocarpa* GRIFF. *l. c. p.* 11 et *p.* 13; *tab.* 360: *figura ad sinistrum absque numero; tab.* 362, *fig.* II. Truncus 10—12-pedalis; folia usque 8-pedalia, petiolo subtetragono angulis lateralibus spinulosis; foliola numerosissima subopposita decurrenti-inserta linearia subfalcata in acumen subpungens sensim attenuata, marginibus ochroleucis recurvata, 10—16 poll. longa, $\frac{1}{2}$ lata; conus masc. breviter pedunculatus 13—14 poll. altus, androphyllis rubiginoso-tomentosis cuneatis, (excepto acumine subulato refracto-arrecto semipollicari) 9 lin. longis, 6 apice latis; carpophylla brunneo-tomentosa elongata gracilia (usque 10—12 poll longa), laminâ sterili parvâ triangulari basi integrâ caeterum subspinoso-pauci-pectinatâ (segmentis glabris centrali multo maiore), pluri- (usque 8-) ovulata; semina matura ellipsoidea leviter compressa, 2—3 poll. longa. — Prope *Ayer Punnus* et *Tabong* [Malacca], ubi probabiliter plantata.

Observ. *Cycadis species sexta* GRIFF. *l. c. p.* 16 *et prob. tab.* 377, absque nomine descripta, in *Mergui* detecta, in littoribus maris umbrosis prope Chedea copiose proveniens, videtur eadem ac *C. Rumphii.*

De waarde dezer soorten, die overigens zeer eigenaardig schijnen te wezen, zal eerst door eene nadere vergelijking met de oorspronkelijke exemplaren kunnen beoordeeld worden. Dat GRIFFITH zijne soorten met andere vergeleken heeft om het verschil vast te stellen, wordt slechts bij enkelen vermeld; ook mag men hierbij niet voorbijzien, dat de beschrijvingen uit verschillende tijdvakken van zijn werkzaam leven dagteekenen en in alles het kenmerk van voorloopige aanteekeningen dragen. — Bij de vergelijking zijner afbeeldingen van *C. Jenkinsiana* en *C. pectinata* (zonder auctoriteit) was het mij niet mogelijk eenig verschil tusschen deze beide species te vinden. Nu is het zeer waarschijnlijk dat hij *Cycas pectinata* HAM. zal gekend

hebben, en het is daarom mogelijk te achten dat de naam *Jenkinsiana* een voorloopige was. Heeft GRIFFITH werkelijk beide voor verschillende soorten gehouden, dan zou hij van de sterke gelijkenis en de wijze waarop zijn verschillen, ongetwijfeld gewag gemaakt hebben. — Een' mannelijken kegel van *C. pectinata* uit den tuin te Calcutta medegedeeld, heb ik boven beschreven. Zoo lang echter de identiteit van *C. pectinata* HAM. met *C. pectinata* van GRIFFITH's *Notulae*, en van deze met *Jenkinsiana* GRIFF. niet bewezen is, schijnt het wenschelijk de namen onveranderd te laten.

Of *C. circinalis* die GRIFFITH *t. a. p.* bl. 2 en 5 vermeld, de echte op de afbeeldingen van den Hortus Malabaricus gegronde soort is, of *C. Rumphii*, die in den bot. tuin te Calcutta en in ROXBURGH's schriften als *C. circinalis* voorkomt, is mij onzeker. De beschrijving van het carpophyllum op pag. 5 voorkomende stemt met *C. Rumphii* niet overeen. Met meer vertrouwen breng ik tot deze de *Cycas* N°. 6 op p. 16 door GRIFFITH vermeld, op grond van de gedaante der carpophylla, die hij duidelijk beschrijft.

Van de merkwaardige ongedoornde *Cycas Armstrongii* MIQ., van Nieuw Caledonië, ontving ik uit het etablissement van den Heer VAN HOUTTE te Gend een blad, blijkbaar van eene oudere plant dan het boven vermelde van Kew; beide behooren overigens tot dezelfde soort, verschillen echter door eenigszins langere blaadjes van het blad aan Port Essington verzameld. — Het geheele blad (van VAN HOUTTE) is meer dan 2 voet lang; bladsteel geheel zonder stekels, driezijdig-cylindrisch, donkergroen, 8 duim lang; blaadjes zoo als boven beschreven, maar 20 aan weerszijden, de langste 8 duim lang, 5 lijnen breed, de onderste 5½ duim lang.

Encephalartos. — *Macrozamia.*

Aan de geslachten *Encephalartos* en *Macrozamia* heb ik slechts weinig toe te voegen.

Van den tot *E. cycadifolius* gebragten *E. Ghellinckii* LEM. (*Zamia Hort.* VERSCH.) ontving ik een levend oorspronkelijk exemplaar van eenigszins jeugdigen leeftijd. De stam eirond,

dik-wollig; vijf bladen, met hunnen korten steel 2 voet lang, 4—2½ duim breed; blaadjes zeer talrijk, smal-lijnvormig, bijkans in horizontale rigting ingehecht, 2—1½ duim lang, van boven convex, van onderen concaaf en bleek van kleur; steel en rhachis wollig en platgedrukt-vierzijdig.

Onder den naam van *Zamia cycadifolia* zond de Heer VERSCHAFFELT aan den Hortus der Utrechtsche Hoogeschool den zeldzamen *E. caffer;* de bladen met den steel (die ½—¾ voet lengte heeft) ongeveer 2 voet lang; blaadjes 50—56 aan weerszijden, de middelste 3 duim lang, 3 lijnen breed, overigens in alle opzigten zoo als zij vroeger beschreven zijn.

Van *Macrozamia Pauli Guilielmi* zond de Heer VAN HOUTTE mij bladen van drie voet lengte, met 170 blaadjes aan weerszijden, en eene afbeelding van eenen mannelijken bloeijenden kegel deelden de Heeren HAAGE & SCHMIDT te Erfurt (in welk beroemde etablissement deze soort als *E. villosus* uit Australië ingevoerd, in October 1868 bloeide) mij welwillend mede. — Van den Heer VAN HOUTTE ontving ik ook nog bladen van de *M. tenuifolia Hort. Kew.* die mij omtrent de vereeniging met *M. Pauli Guilielmi* eenigzins doen twijfelen.

Zamia. — Ceratozamia.

Het geslacht *Zamia*, zoo als het thans omschreven is, vormt eene zeer natuurlijke groep, vooral nadat BRONGNIART *Ceratozamia* daarvan heeft afgescheiden. Ik moet echter ter zake van de kenmerken, van de androphylla afgeleid, de vroegere opmerking herhalen, dat zij in geene soort volkomen schildvormig zijn, maar steeds in meerdere of mindere mate naar den wigvorm overhellen, zoodat eene vaste grens tusschen steel en schild niet bestaat. De uitersten in deze wijziging gaan van de eene tot de andere soort in elkander over. Hierop niet bedacht, had ik vroeger gemeend, naar deze verschillen het geslacht *Zamia* in sectiën te kunnen verdeelen en de toen nog zoo geïsoleerde *Z. calocoma* als de type van eene sectie, *Microcycas*, voorgesteld. Het onderzoek van meerdere soorten overtuigde mij echter weldra van de onhoudbaarheid dier classificatie. Bij *Z. Brongniartii* en *Z. Poeppigiana,* die overigens van de ge-

noemde soort zoo zeer verschillen, vindt men dezelfde naar den wigvorm neigende structuur, waarop GRISEBACH (*Catal. Pl. Cubens.* p. 217) nog onlangs de aandacht vestigde en die ik in de *Prodr. Syst. Cycad.* p. 23 reeds deed uitkomen. Op deze gronden kan ik geenzins ALPH. DE CANDOLLE volgen, die aan de genoemde sectie *Microcycas* eene nog hoogere waarde toekent, en in den *Prodr.* XVI, *p.* 538 haar tot een afzonderlijk geslacht heeft verheven. Ik schrijf dit aan de omstandigheid toe, dat de schrijver van de 26 door hem vermelde soorten slechts 6, en deze alleen in gedroogde en onvolledige exemplaren gezien heeft. — De rangschikking der soorten van *Zamia* in groepen, is, zoo als in alle natuurlijke genera, eene moeijelijke zaak. DE CANDOLLE stelt twee groepen, de eene *Chigua*, de andere *Euzamia* genoemd, de eerste met peltae masculae heptagonae (d.i. met zes zijdelingsche vlakken en een buitenvlak en breeden steel); de tweede met „peltae superne vix inflatae subconvexae plus minus hexagonae, faciebus lateralibus nullis aut vix distinctis, stipite angusto." Deze klassificatie is echter artificiëel, levert geene grensscheiding op en berust op eene onjuiste morphologische beschouwing der androphylla, wier peltae, allen naar één model, slechts geringe wijzigingen opleveren. De meest afwijkende soorten staan dan ook naast elkander, terwijl in alle opzigten verwante soorten door die methode ver van elkander verwijderd zijn.

Tusschen *Zamia* en *Ceratozamia* bestaat een dieper gegrondvest verschil dan alleen door het kenmerk der peltae inermes of bicornutae wordt aangewezen. Aan de karakters, vroeger reeds door mij vermeld, werden in nieuwer tijd anatomische van stam en bladen toegevoegd, waarvan ik hiervoren gewag gemaakt heb. — *Lepidozamia* van REGEL had ik reeds in 1862 als eene soort van *Macrozamia* doen kennen en moet dus geheel vervallen.

Bij de vaststelling der soorten van *Zamia* en men kan zeggen van alle Cycadeën ontmoet men niet geringe moeijelijkheden. Het genus te bepalen, biedt, ook bij sterile exemplaren, zelden eenige moeijelijkheid aan De species staat echter meestal slechts in één exemplaar voor ons, en verschillen naar den leeftijd en niet geringe individuëele wijzigingen verzwaren de juiste beoordeeling. Het individuëele toch doet zich onder de Cycadeën

zoo zeer kennen dat ook exemplaren derzelfde soort op gelijken leeftijd een kennelijk verschil opleveren. Volledige exemplaren met stam en bladen vindt men in den regel alleen in de botanische tuinen, in de herbaria van de wilde exemplaren gedroogde bladen en niet altoos de coni. In het oogvallend ook zijn de veranderingen die de Cycadeën door de kultuur ondergaan. Men vergelijke *Zamia integrifolia* bijv. in de botanische tuinen, om zich hiervan te overtuigen Kiest men het beeld dier soort volgens het *Botanical Magazine* (*tab.* 1850) als de ware onveranderlijke type, dan zou men een tal van species kunnen opbouwen. *Cycas revoluta* is in onze tuinen dan met lange, dan met korte bladsteelen, met langere of korte, digt of verwijderd staande, smaller en meer omgerolde of breeder en vlakke blaadjes. Hoe lager de temperatuur, zoo veel smaller worden de blaadjes van *Cycas Rumphii* en aanverwante soorten. *Cycas siamensis* vormt in onze kassen bladen die in allerlei opzigt verschillen van die waarmede dezelfde exemplaren uit Siam werden ingevoerd. Dergelijke spelingen hangen echter niet alleen van uitwendige invloeden af, zij zijn ook individuëel.

In sommige groepen doen deze moeijelijkheden in zeer sterke mate zich voor; wat het geslacht *Zamia* betreft, zijn het de kleine smalbladige soorten (*angustifolia*, *Yatesii*, *stricta*, enz.), die onderling reeds elkander zeer gelijkend, niet weinig naar den leeftijd, de kultuur, enz. varièren. Het getal der blaadjes bijv. neemt met den leeftijd gestadig toe en hunne lengte alsmede het getal der nerven bieden belangrijke veranderingen aan. — Door mij onlangs uit Belgische tuinen medegedeelde exemplaren werd ik in staat gesteld, daaromtrent eenige waarnemingen te doen, die ik hier, met de beschrijving eener nieuwe soort, laat volgen.

Zamia Yatesii. — Juvenilis sed iam fructifera profert folia petiolis elongatis, lamina brevi dense foliolata, foliolis utrinque v. c. 10; adultior foliis ratione laminae brevius ($\frac{3}{4}$ ped.) petiolatis, lamina longiore ($1\frac{3}{4}$ pedali), foliolis densis vel distantioribus 15—22 utrinque, usque $7\frac{1}{3}$ poll. longis, 2—7-nerviis. Compage foliolorum flaccidiore iisque apice pauci-serratis caeterum inter affines distincta, cum *Z. angustifolia* JACQ. quatenus

ex eius icone et exemplari auth. a me antea explorato constat, haud coniungi posse videtur.

Zamis angustissima. Exemplaris provectioris folia hic describam: petioli ima basi valde dilatati caeterum subsemiteretes, 3—4½ poll. longi; rhachis pedalis vel longior, foliolis utrinque 24—32 subaequilongis, 6½—8 poll. longis, rhachi antice planiusculae insertis, inferioribus oppositis, superioribus fere vel omnino alternis, basi parum augustatis, versus apicem pedetentim attenuatis, in apicem integerrimum extremo subteretiusculum acutum terminatis, in universum valde angustatis, vix 1 lin. latis, marginibus leviter incrassatis et subrevolutis, supra in vivo planis vel leviter convexis, subtus nervis prominulis 3, quorum medius centricus vel leviter excentricus, passim subquinquenervia, laterali nervo tum utrinque sub margine recondito; siccatorum nervi supra distinctiores evadunt et hac in re ex aetate et compage differentiae observantur. — Haec *Z. strictae* certe perquam affinis, apice foliolorum integerrimo in his provectioribus etiam ita observato ab ea constanter differre videtur. — Probabiliter huc pertinet *Z. multifoliolata* A. DC. *Prodr.*, *l. c.* p. 545.

Onder den naam van *Zamia Potemkini* komt sedert eenigen tijd eene soort voor, waarvan ik slechts jeugdige exemplaren gezien heb, die welligt tot *Z. Loddigesii* zullen behooren. — Truncus ellipsoideus, perulis e basi lata abrupte lanceolatis cuspidatis; petiolus aculeatus; foliola elliptico-oblonga, superiora et foliorum aliorum magis lanceolata, ab ½ longitudinis ab apice inde serrulata, utrinque attenuata.

Zamia floridana A. DC. *l. c. p.* 544 is de echte *Z. pumila* van LINNAEUS. PURSH vond haar in Florida: „Z. integrifolia"; later dáár door TORREY verzamelde exemplaren ontving ik van ASA GRAY, en uit dezelfde bron was de door DC. beschreven soort. PURSH zegt in zijne *Flora Americae Sept.* II *p.* 648: „in East Florida; this species is only found in Florida, as I have made all inquiries to find it in Georgia, but withont succes." — DE CANDOLLE citeert nu bevendien bij *Z. pumila:* Florida (TORREY), en het is zeer duidelijk dat in beide gevallen dezelfde plant bedoeld is.

Zamia Verschaffeltii n. sp. Petioli aculeati teretiusculi apice tetragoni; rhachis dorso convexa antice bifacialis; foliola paucijuga basi lata rhachi antice inserta (basibus oppositorum prorsus contiguis) lato oblongove-lanceolata sensim acuminata, basi nunc supra nunc infra convexiora, in margine superiore rectiore ad $\frac{1}{3}$ ab apice, in inferiore ad $\frac{1}{2}$ spinoso-serrulata, coriacea, lucida, nervis 30---35 simplicibus paucioribusque bifidis pellucidis utrinque prominulis striulata.

A *Z. muricata* differt: foliolis crassioribus, ratione folii majoribus, basi lata magis in antica rhacheos facie quam in lateribus insertis (ita ut, ubi opposita sunt foliola, insertiones plane sint contiguae), supra basin vix constrictis, per totam longitudinem magis aequilatis nec ad formam ellipticam tendentibus, nervis utrinque prominentibus striatis, petioli dense aculeati formâ, denique patriâ. — Plantae adultioris *truncus* subconicus semipedem altus, inferne $\frac{1}{4}$ pedis crassus, desquamatus. *Folia* pauca tantum adsunt. *Petiolus* proprius 10—14 poll. longus ex olivaceo pallide fusculus, aculeis teretiusculis tenuibus apice pallidis patentibus vel leviter decurvis, rectis vel leviter arcuatis praesertim in parte $\frac{1}{2}$ inferiore petioli confertis armatus, ima basi substipulaceo-dilatatus, caeterum praeter supremam partem obtuso-tetragonam teretiusculus, pennam olorinam crassus. *Rhachis* tenuior inter suprema foliola in apiculum mucroniformem rigidum acutum excurrens, dorso convexa, antice bifacialis, acie obtusa interjecta, ubique inermis, $\frac{1}{2}$ pedem longa, sed probabiliter etiam longior, viridis. *Foliola* fere opposita vel subopposita vel fere alterna, sed propter insertionem latam et antice sitam opposita contigua, 4-juga vel jugis paullo numerosioribus, crasse coriacea, sed flexibilia, supra saturate viridia lucida, subtus pallide gramineo-viridia, marginibus laevibus leviter incurva, supra basin insertionis $\frac{1}{2}$ pollicem perpendiculariter latam non nisi leviter angustata, caeterum aequilato-lanceolata sursum sensim angustata in acumen acutum, serraturis versus apicem pedetentim confertioribus demum confertissimis, recta vel laeviter falcata, basi nunc supera nunc infera convexiore, in universum margine superiore rectiore, inferiore (nec constanter) leviter convexiore, nervis in medio foliolo 30—35, aliquibus, et infra $\frac{1}{2}$ folioli longitudinem, bifidis striulata, 9—12 poll. longa, $1\frac{1}{4}$—$1\frac{3}{4}$ vulgo paullo infra medium lata.

Ex *imperio Mexicano* introduxit A. VERSCHAFFELT, qui in Catalogis *Z fuscam latifoliam* dixit.

Systeem.

De groepering der genera naar hunne onderlinge verwantschap berust volgens de tegenwoordig aangenomen beginsels op de morphologische karakters, naar hunne betrekkelijke waarde geschat. Een paleontologisch element, de verwantschap naar de afstamming daarbij tot grondslag te nemen, is niet mogelijk, omdat wij het verband van de Cycadeën der actuele periode met de voorafgaande tijdvakken niet genoegzaam kennen.

Alph. de candolle heeft eenige wijzigingen gemaakt in de door mij in den *Prodromus Syst. Cycad.* gevolgde klassificatie die, bij eene oppervlakkige beschouwing van weinig belang, nogtans van eene waardering der kenmerken uitgaan, waarmede ik mij niet kan vereenigen. — Welligt was het slechts eene naamsverandering van overtolligen aard voor mijne eerste Tribus *Cycadinae* te schrijven „*Cycadeae*" (voor de geheele familie wordt het woord „*Cycadaceae*" gebezigd). — Anders is het wanneer de genoemde schrijver mijne 2de en 3de tribus *Stangerieae* en *Encephalarteae* tot ééne „*Encephalarteae*" vereenigt en deze dan in 2 subtribus („*Stangerieae* en *Encephalarteae*") deelt. Het verschil tusschen die groepen is zoo essentieel dat ik eene verandering die eene sterkere tegenstelling bedoelde, eerder zou toejuichen dan de hier gevolgde tegenovergestelde — *Dioon* onder de tribus *Encephalarteae* te plaatsen, schijnt mij geheel onjuist, èn wegens de inhechting der blaadjes, die eerder geleed dan niet geleed is, èn wegens de gedaante der androphylla, die naar de type van sommige soorten van *Zamia* (bijv. *Z. Lindleyi*, *Brongniartii* enz.) gevormd zijn. Daarbij komt het verschil in den groei der stammen, het gemis der eigenaardige interruptie in de cambiumlaag, waardoor alle amerikaansche Cycadeen van de Encephalarteae verschillen, en waarvan ik in het vijfde gedeelte dezer bijdragen gewag gemaakt heb. Hetzelfde geldt van de aan de amerikaansche geslachten eigenaardige op bastcellen gelijkende epidermis-cellen der bladen.

Ik laat hier een overzigt van alle Cycadeën volgen, naar de natuurlijke verwantschappen gerangschikt.

Ord. CYCADEAE.

Trib. I. CYCADINAE.

I. *Cycas* LINN.

§ 1. ovulis tomentosis emersis.

1. C. revoluta THUNB. — Ludens: α planifolia, β brevifrons, γ inermis (C. inermis MIQ. in *Cat. Hort. Amstel. excl syn.* LOUR.).

§ 2. ovulis glabris, carpophylli marginibus basi immersis.

a. *petiolo lateribus spinuloso.*

2. C. siamensis MIQ.
3. C. dilatata GRIFF.
4. C. Jenkinsiana GRIFF.
5. C. pectinata HAM., cum praeced. ultro conferenda.
6. C. circinalis LINN.
7. C. media R. BR.
8. C. angulata R. BR.
9. C. macrocarpa GRIFF.
10. C. gracilis MIQ.
11. C. sphaerica ROXB.
12. C. Rumphii MIQ.
13. C. Thouarsii R. BR.
14. C. Riuminiana HORT. MOSQU.

Dubiae, steriles, supra (in parte I) enumeratae hic omissae.

b. *petiolo inermi.*

15. C. Armstrongii MIQ.

Trib. II. STANGERIEAE.

II. *Stangeria* TH. MOORE.

1. St. paradoxa EJUSD.

Trib. III. ENCEPHALARTEAE.

III. *Macrozamia* MIQ.

§ 1. Genuinae.

1. M Fraseri MIQ.

2. M. Miquelii FR. MUELL
3. M. spiralis MIQ.
4. M. Macdonelli F. MUELL.
5. M. Oldfieldii MIQ.
6. M. Macleayi MIQ.

§ 2. Parazamia MIQ.

7. M. Pauli Guilielmi HILL et F. MUELL.

§ 3. Lepidozamia MIQ.

8. M. Peroffskyana MIQ.

IV. *Bowenia* HOOK. fil.

1. B. spectabilis EJUSD.

V. *Encephalartos* LEHM.

§ 1. foliolis linearibus.

1. E. cycadifolius LEHM.
2. E. pungens LEHM.
3. E. tridentatus LEHM.

§ 2. foliolis lanceolatis.

4. E. elongatus LEHM.
5. E. Lehmanni ECKL
6. E. longifolius LEHM.
7. E. lanuginosus LEHM.
8. E. caffer MIQ.

§ 3. foliolis ellipticis oblongisve, utplurimum utroque margine spinulose dentatis.

9. E. villosus LEMAIRE.
10. E. Altensteinii LEHM. — β semidentatus, — γ eriocephalus.

§ 4. foliolis latis glaucis praesertim margine inferiore lobato-dentatis.

11. E horridus LEHM. — β Hallianus — γ aquifolius.
12. E. latifrons LEHM.

Trib. IV. ZAMIEAE.

VI. *Dioon* LINDL.

1. D. edule LINDL. — β imbricatum — γ angustifolium.

VII. *Ceratozamia* AD. BRONGN.

§ 1. genuinae, petiolis aculeatis, foliolis praesertim juvenilium latiusculis.

1. C. mexicana A. BRONGN. — Pro aetate valde diversa.
2. C. Miqueliana H. WENDL.

§ 2. Species petiolo inermi foliolis lineari-angustis insignis.

3. C. Kuesteriana REGEL.

VIII. *Zamia* LINN. *excl. sp.*

§ 1. petiolis aculeatis, foliolis magnis.

a. glabris.

1. Z. Skinneri WARCZ.
2. Z. muricata WILLD.
3. Z. Loddigesii MIQ.

b. subtus furfuraceis.

4. Z. furfuracea AIT.

c. multiiugis angustis.

5. Z. Lindleyi WARCZ.
6. Z. spartea A. DC. *Prodr.*

§ 2. petiolis inermibus

a. foliolis latis vel latiusculis.

† *apice obtuso irregulariter serrulatis.*

7. Z. integrifolia AIT.
8. Z. debilis WILLD.
9. Z. media LINN.
10. Z. pumila LINN.

†† *apice obtuso vel acuto aut acuminato magis distincte serrulatis, serraturis quandoque et in margines descendentibus.*

11. Z. Poeppigiana MART. et EICHL.
12. Z. Fischeri MIQ.
13. Z. Kickxii MIQ.
14. Z. Ottonis MIQ.
15. Z. pygmaea SIMS.

b. foliolis lanceolatis.

† *integerrimis.*

16. Z. calocoma MIQ.
17. Z. pseudoparasitica YATES.

†† *serrulatis.*

18. Z. Brongniartii WEDD.
19. Z. tenuis WILLD.

c. foliolis anguste linearibus.

20. Z. Yatesii MIQ.
21. Z. angustifolia JACQ.
22. Z. stricta MIQ.
23. Z. angustissima MIQ.

Het geheele cijfer der thans bekende soorten bedraagt dus onder acht genera als volgt:

Zamia	23
Cycas	15
Encephalartos	12
Macrozamia	8
eratozamia	3
Dioon	1
Bowenia	1
Stangeria	1

Som der thans levende soorten: 64, waarvan:

Amerika	27
Afrika *)	13
Azie †)	11
Nieuw Holland	13.

Vergelijkt men deze klassificatie met het overzigt in DC. *Prodr.*, doen zich eenige verschillen voor, waarvan enkele reeds boven zijn toegelicht of van zelve reeds duidelijk zijn; anderen wensch ik hier kortelijk te verklaren, voor zoo verre zij op synonymie en nomenclatuur betrekking hebben, of van zuiver systematischen aard zijn. Onderwerpen van morphologischen of anatomischen aard blijven hier buiten gesloten, daar die in DC. *Prodr.* niet worden behandeld.

Cycas celebica MIQ. *Commentar. phytogr. p.* 126 behoort onder de synonyma van *C. Rumphii.* Evenzoo *C. circinalis β javana.* — *C. Thouarsii* R. BR. wordt door DC. in twijfel getrokken. Maar er is te minder grond te veronderstellen dat DU PETIT THOUARS slechts gecultiveerde exemplaren in Madagascar zou gezien hebben, daar ook op *Mauritius* eene Cycas gevonden werd en waarschijnlijk dezelfde op *Comorn-eilanden* stellig inlandsch is. De afbeelding van het carpophyllum door

*) Zonder Cycas.
†) Met Cycas Thouarsii.

DU PETIT THOUARS gegeven, doet dit als zoo eigenaardig kennen, zoo geheel verschillend van alle andere soorten, dat, wil men hem niet van de verregaandste onnauwkeurigheid verdenken, er geene redenen bestaan om de *C. Thouarsii* van R. BROWN te verwerpen

C. inermis door LOUREIRO beschreven, is door CARUTHER's mededeeling omtrent het sterile exemplaar in het Britsch Museum als zoodanig vervallen, zooals de Heer A. DE CANDOLLE de goedheid had mij mede te deelen.

Bij *Encephalartos longifolius* moeten de twee varieteiten vroeger daartoe door mij gebragt, uitgesloten worden, terwijl de *varietas Hookeri* DC. de ware soort representeert. — Onder *E. caffer* behoort niet als varieteit, maar als zuiver synonym *E. brachyphyllus.*

Dioon strobilaceum LEM. is dezelfde als *D edule.*

De naam van *Zamia Chigua* SEEM. moet volgens alle regt voor dien van *Z. Lindleyi* wijken. — *Z. spartea* DC. is eene van de weinige Cycadeën die ik niet in levenden of gedroogden staat gezien heb, maar uit de breedvoerige beschrijving maak ik op dat zij eene wèl onderscheiden soort is. — *Z. latifolia* LODD., waarvan ik slechts blaadjes zag en waarvan de moederplant verdwenen is, is naar alle waarschijnlijkheid geene species, maar een jeugdige toestand van *Z. furfuracea* — *Z. mexicana* MIQ. door DC. overgenomen is eén der jeugdige vormen van de zoo zeer variabele *Z. Loddigesii.* — *Z. Galeottii* DE VRIESE is niets dan *Ceratozamia mexicana* BRONGN.

De vroeger door mij aangenomen *Ceratozamia*-soorten worden door A. DC. onder de species dubiae opgenomen. Daar de karakters, door mij vermeld, zich als niet standvastig deden kennen, heb ik die soorten tot de vormen tot *C. mexicana* gebragt. Tegenover de twee overige soorten bieden zij veel verschil aan. De vraag blijft echter altoos nog of, indien de fructificatie-organen bekend waren, meerder species zouden kunnen worden vastgesteld.

OVER DE

WARE UITZETTING VAN KWIKZILVER,

VOLGENS DE WAARNEMINGEN VAN

REGNAULT.

DOOR

J. BOSSCHA, Jr.

De proefnemingen door REGNAULT verricht, om de voornaamste wetten en de getalwaarden te bepalen, die bij de berekening van stoomwerktuigen te pas komen *), zijn hare hooge wetenschappelijke waarde niet alleen verschuldigd aan het uitstekend talent van den beroemden waarnemer, maar vooral ook aan de zorg, die deze genomen heeft om alle gegevens en alle omstandigheden der waarneming zoo volledig mogelijk mede te deelen. Deze nog te weinig gebruikelijke wijze om de onderzoekingen van proefondervindelijke natuurkunde bekend te maken, biedt het groote voordeel, dat ieder die haar te raadplegen heeft, zich gemakkelijk kan overtuigen van de mate van zekerheid, welke aan de uitkomsten kan worden toegeschreven. Maar niet minder is het een voordeel te noemen, dat zoodoende aan den experimenteelen arbeid eene blijvende waarde wordt verzekerd. Immers, mocht later de noodzakelijkheid blijken, om bij de berekening der uitkomsten acht te geven op omstandigheden, welker invloed men aanvankelijk niet vermoeden kon, of mocht de nauwkeurigheid der berekening zelve te wenschen overlaten, dan vindt men in de beschrijving der proefnemingen meestal

*) Mémoires de l' Académie Royale des Sciences de l' Institut de France, Tome XXI.

de gegevens, welke voor het aanbrengen der vereischte verbeteringen noodig zijn.

Het is vooral in dit laatste opzicht, dat van de volledigheid der mededeelingen van REGNAULT een nuttig gebruik te maken is. Onderzoekt men de verhandelingen van REGNAULT met eenige aandacht, dan erkent men spoedig, dat de zorg, aan de berekening besteed, geenszins geëvenredigd is met de waarde der waarnemingen. Dit geldt inzonderheid van de proefnemingen van REGNAULT over de ware uitzetting van het kwik. Intusschen moeten deze als de grondslag beschouwd worden niet alleen van de veelomvattende reeks van onderzoekingen van den beroemden natuurkundige, maar ook van elke bepaling van de constanten, die in de theorie der stoomwerktuigen en in de nieuwere warmteleer eene belangrijke rol vervullen. Immers de uitzetting van gassen, waarop de meting der ware temperatuur berust, kan niet bepaald worden, tenzij men die der vaten kenne, waarin zij besloten zijn, en bij den tegenwoordigen stand der wetenschap bestaat daartoe geen ander geschikt middel, dan het meten van de hoeveelheid vocht, die het vat bij de verschillende temperaturen vult. Deze methode eischt echter de kennis van de ware uitzetting van het vocht, en naardien van alle bekende vloeistoffen het kwik wegens zijn hoog soortelijk gewicht, zijn warmtegeleidingsvermogen, de gemakkelijkheid waarmede het scheikundig zuiver kan worden verkregen en den grooten afstand tusschen de beide temperaturen waarbij het van aggregaatstoestand verandert, verreweg het geschiktst is voor deze proefnemingen, zoo moet eene nauwkeurige kennis van de uitzetting van kwik als het eerste der gegevens worden beschouwd, welke de theorie der stoomwerktuigen en die der warmte behoeven.

Eene korte beschouwing van de wijze waarop uit de waarnemingen van REGNAULT de uitzetting van kwik bij verschillende temperaturen werd afgeleid, zal aanstonds doen zien, dat zij geene waarborgen van voldoende nauwkeurigheid kan opleveren.

REGNAULT *) deelt vier reeksen van waarnemingen mede, te zamen omvattende 35 bepalingen van het volume van kwik bij

*) p. 300—307 en 312—315.

verschillende temperaturen; de meesten dezer bepalingen zijn gemiddelden uit 4—6 metingen bij temperaturen die onderling weinig verschillen *). De slotsom uit deze waarnemingen afgeleid is eene formule, waardoor de uitzetting ΔT in eene functie van de temperatuur T van den luchtthermometer wordt uitgedrukt, te weten:

$$\Delta T = 0{,}00017900\, T + 0{,}0000000252 3\, T^2 \quad \text{(A)}$$

Naar deze formule is eene tabel vervaardigd, waarin de uitzetting van kwik tusschen 0° en 350° van 10° tot 10°, met het bedrag van den coëfficiënt van uitzetting voor elke dier temperaturen, d. i. $\frac{d\,\Delta T}{d\,T0}$ is opgeteekend.

Het vertrouwen, dat deze formule verdient als de werkelijke uitdrukking van de uitkomst der proeven, wordt geheel bepaald door de wijze waarop de getallencoëfficiënten uit de gegevens der waarnemingen werden afgeleid. Nu zullen wij aantoonen, dat slechts drie proeven tot vaststelling dier coëfficiënten gediend hebben, zoodat 32 proeven, te zamen omvattende 123 metingen, van geen invloed zijn geweest op het bedrag der constanten.

Regnault heeft zich namelijk aanvankelijk bediend van de graphische methode. Op eene abscissen-as, verdeeld naar de opklimmende temperaturen, werden de waargenomene uitzettingen bij elke temperatuur als ordinaten geplaatst. Daartoe dienden echter voornamelijk de proeven der derde reeks, die de talrijkste waren. De toppen dier ordinaten werden daarop door rechte lijnen vereenigd. Aan de dus verkregen polygonale lijn werden de uitzettingen bij $T = 150°$ en $T = 300°$ ontleend; deze waarden gesubstitueerd voor ΔT in de empirische formule

$$\Delta T = x\,T + y\,T^2$$

leverden voor x en y de getallen op, in de hierboven gegevene formule (A) voorkomende.

---

*) Ten einde verwarring te vermijden in de aanduiding van de seriën, de groepen van waarnemingen bij weinig verschillende temperaturen en de afzonderlijke waarnemingen, zullen wij elke zoodanige groep *eene proef* noemen, en elke afzonderlijke waarneming *eene meting*. Het geheele experimenteele onderzoek van Regnault over de ware uitzetting van kwik omvat dus 4 seriën, 35 proeven en 135 metingen.

De polygonale lijn werd nu vervangen door de kromme lijn, voorgesteld door de vergelijking (A). Het bleek dat de toppen der ordinaten, uit de proefnemingen bepaald, ten naasten bij met de kromme lijn samenvielen.

Het is duidelijk, dat door deze handelwijze de uitzetting bij 150° enkel bepaald wordt door de twee proefnemingen bij de naastbijgelegene temperaturen, te weten bij 140°, 12 (Derde serie, 3e proef) en 159°, 25 (Derde serie, 4e proef). Men had, in plaats van de uitzetting bij 150° aan de graphische constructie te ontleenen, haar even goed, zoo niet gemakkelijker en nauwkeuriger door eene berekening met evenredige deelen kunnen vinden. Deze opmerking is eveneens van toepassing op de waarde voor de uitzetting bij 300° verkregen. Hier echter doet zich nog de bijzonderheid voor, dat de hoogste temperatuur, tot welke het kwik verwarmd werd, namelijk 299°,19, op weinig na met 300° zamenvalt. De waargenomene uitzetting bij de naastbijgelegene temperatuur 289°, 41 kan slechts van zeer geringen invloed zijn op de berekende uitzetting voor 300°, naardien zij alleen moest dienen om de kleine vermeerdering van uitzetting te bepalen, die het kwik tusschen 299°,19 en 300° ondergaat.

Men kan zich gemakkelijk overtuigen, dat eene eenvoudige berekening met evenredige deelen nagenoeg dezelfde uitkomsten oplevert, als die welke REGNAULT aan zijne graphische constructie ontleende. Men vindt namelijk in de tabel der derde serie

Proef 3, $\Delta 140,12 = 0,025611$
4, $\Delta 159,25 = 0,029112$
10, $\Delta 299,19 = 0,055738$
11, $\Delta 289,41 = 0,053827$.

Uit de beide eersten vindt men:

$$\Delta 150 = 0,27419;$$

uit de beide laatsten

$$\Delta 300 = 0,055896.$$

REGNAULT leidde uit zijne graphische constructie af

$$\Delta 150 = 0,027400$$
$$\Delta 300 = 0,055900.$$

De vergelijking der waarden, voor $\Delta 150$ en $\Delta 300$ langs twee verschillende wegen verkregen, kan dienen om te beoor-

deelen, welke nauwkeurigheid REGNAULT bij de toepassing zijner graphische methode wist te bereiken.

De empirische formule (A), de einduitkomst van de onderzoekingen van REGNAULT over de ware uitzetting van kwik, kan alzoo slechts worden aangemerkt als de uitkomst van de drie proeven N° 3, 4 en 11 der derde serie. De rijke voorraad van gegevens, dien de arbeid van REGNAULT bovendien heeft opgeleverd, heeft tot niets anders gediend dan om door eenen enkelen oogopslag te doen zien, of zij eenige belangrijke afwijkingen vertoonen met de berekende wet van uitzetting.

Maar zelfs deze weinig scherpe vergelijking van berekening en waarneming doet twijfel ontstaan aangaande de juistheid der verkregen uitkomst. De punten, die betrekking hebben op de waarnemingen der tweede serie, liggen allen lager dan de kromme lijn. REGNAULT merkt op, dat dit het gevolg kan zijn van eene fout in het nulpunt des luchtthermometers. De punten der vierde reeks zijn allen boven de kromme lijn gelegen en wijzen eveneens op eene constante fout REGNAULT schrijft dit toe aan eene kleine onvolmaaktheid bij de inrichting van de proefnemingen der vierde serie, die volgens eene andere methode geschiedden. De dunne ijzeren buis, die de warme en de koude kwikzuilen aan haar benedeneinde vereenigde, onderging namelijk door de uitzetting van den toestel bij verwarming eene kleine buiging; REGNAULT meent nu, dat het moeielijk was nauwkeurig de temperatuur te kennen van het kwik in deze buis, en dat deze onzekerheid de afwijking van de waarnemingen der vierde serie verklaren kan. Men kan zich echter gemakkelijk overtuigen dat deze verklaring niet aannemelijk is. De hoogte toch dier helling was blijkens de opgaven van REGNAULT bij de meeste proefnemingen der vierde serie slechts 4 millimeters en slechts eene enkele maal meer dan 6 millimeters en de dunne ijzeren buis werd door een stroom water voortdurend afgekoeld. Al wil men nu onderstellen dat, hetgeen niet waarschijnlijk voorkomt, eene onzekerheid van 50° in de temperatuur van deze buis kon bestaan, dan nog is men niet in staat het vierde gedeelte van de afwijkingen dezer serie te verklaren.

Meer waarschijnlijkheid heeft de andere door REGNAULT geopperde onderstelling, dat ook hier de luchtthermometer de oor-

zaak van de afwijking is. Maar in dit geval bestaat er geene afdoende reden, om aan de temperatuursbepalingen van de derde serie meer vertrouwen toe te kennen dan aan die der overige seriën en het blijft geheel onzeker of niet de verschillen van de drie eerste seriën met de vierde moeten toegeschreven worden aan eene constante fout door de toepassing van de eerste methode veroorzaakt.

Doch wij zagen reeds dat de formule (A) niet op alle proefnemingen van de derde serie berust. De geheele vierde reeks wordt eigenlijk verondersteld minder nauwkeurig te zijn, omdat zij niet overeenstemt met de uitkomst van drie proefnemingen der derde serie. En nu blijkt het, dat hieronder twee proefnemingen zijn, die wellicht minder dan eenige andere de kenmerken dragen van gelukkig geslaagd te zijn. De proef N° 4 bestaat namelijk uit de volgende metingen.

T	Δ_T
159°,25	0,029120
159°,43	0,029078
159°,39	0,029149
158°,94	0,029100

Bij de hoogste temperatuur 159°,43 werd derhalve de kleinste uitzetting waargenomen, eene uitzetting nog kleiner dan die bij eene temperatuur, welke bijna een halven graad lager was.

Een dergelijke afwijking vertoonen de vier metingen, waaruit de uitzetting bij 299°,19 is berekend. Men vond namelijk

T	Δ_T
299°,09	0,055796
296°,57	0,055272
301°,21	0,056088
299°,79	0,055796

De eerste en de laatste waarneming geven hier dezelfde uitzetting niettegenstaande de temperaturen 0°,7 verschillen.

Hoe onzeker de coëfficiënten der formule (A) hierdoor worden, blijkt wanneer men hunne waarden berekent uit andere gegevens. Wij kiezen daartoe proefnemingen bij temperaturen zoo nabij mogelijk bij 150° en 300° gelegen, te weten die bij 140°,12 (3e Serie, proef 3) en 299°,14 (3e Serie, proef 11)

waarvan de afzonderlijke metingen onderling veel beter overeenstemmen.

Zij zijn de volgende

3e Serie, Proef 3.

T	Δ T
140°,05	0,025605
140°,12	0,025604
140°,22	0,025631
150°,10	0,025603
140°,12	0,025611

3e Serie, Proef 11

T	Δ T
290°,44	0,053990
289°,75	0,053893
288°,05	0,053507
289°,41	0,053827

Door in de formule

$$\Delta_T = x\,T + y\,T^2$$

te stellen voor T = 140°,12, Δ T = 0,025611, voor T = 289°,41, Δ T = 0,053827 vindt men

$$x = 0,00017978$$

$$y = 0,0000002151,$$

hetgeen met de door REGNAULT verkregene uitkomsten reeds een niet onbelangrijk verschil maakt, naardien de thans verkregene waarden aan de uitzetting bij lagere temperaturen een grooter, aan die bij hoogere temperaturen een kleiner bedrag toekennen en voor de uitzettingskromme eene minder sterk gebogene lijn opleveren.

Merken wij intusschen op dat de proefnemingen 3,4 en 11 waarop de berekening van REGNAULT berust, voor de coëfficiënten x en y geven:

$$x = 0,00017900$$

$$y = 0,00000002444.$$

De coëfficiënten in de formule van REGNAULT werden verkregen nadat de waargenomene uitzettingen met $\frac{1}{1200}$ waren verhoogd, op grond van beschouwingen die wij straks nader zullen leeren kennen.

Eene onzekerheid van ongeveer $\frac{1}{260}$ in de uitzetting bij lage temperaturen scheen mij met de nauwkeurigheid der waarnemingen van REGNAULT niet wel overeen te brengen. Ik meende dat zij kon worden weggenomen door eene nieuwe berekening, die alle waarnemingen zou omvatten en waarbij eene correctie werd aangebracht, die mij voorkwam niet te mogen worden verzuimd. Ik vond aanleiding hiertoe eene poging te doen door de volgende beschouwingen.

Men is gewoon, wanneer uit eenige proefnemingen het verband moet worden opgemaakt tusschen eene waargenomene werking A en het agens F, dat haar voortbrengt, eene formule van twee of meer termen aan te nemen van de gedaante

$$A = a\ F + b\ F^2 + \text{enz.}$$

Deze algemeene regel sluit echter geenszins uit, dat het nuttig kan zijn, voordat men tot eene meestal omslachtige berekening der coëfficiënten a, b, enz. besluit, te overwegen of de aard van het waargenomen verschijnsel zelf niet eene meer bepaalde wet waarschijnlijk maakt. In het geval, dat ons bezig houdt, is dus de vraag te stellen: wat leert ons, aangaande eene vermoedelijke wet van uitzetting van het kwik, onze kennis van den invloed der warmte op het volume der lichamen?

De eenvoudige onderstelling dat de uitzetting van zekere gewichtshoeveelheid stof in het algemeen evenredig is met de temperatuursverhooging, is gebleken onjuist te zijn. Wel is waar ontleenen wij de maat der temperaturen aan de uitzetting zelve en zou eene poging om de onderstelling aan een enkel lichaam te toetsen ons in eene cirkelredeneering rondvoeren, maar het is duidelijk, dat zoodra bekend is, dat verschillende stoffen eene verschillende wet van uitzetting hebben, zoodat thermometers van deze stoffen vervaardigd, niet denzelfden gang volgen, de wet in het algemeen niet waar kan zijn. Zij kan slechts gelden voor één dier lichamen, of voor zoo vele als er juist dezelfde wet van uitzetting volgen. Naar mate echter het aantal dezer laatsten aanzienlijker is, en de aard hunner moleculen meer onderscheiden, klimt ook de waarschijnlijkheid, dat voor deze lichamen de uitzetting onafhankelijk is van de moleculaire krachten en enkel evenredig met de temperatuur. Om deze re-

den moet de uitzetting der permanente gassen onder constante drukking of de vermeerdering van spankracht onder constant volume als de meest rationeele maat voor de temperaturen beschouwd worden. De onderstelling, dat de uitzetting der gassen evenredig is met de temperatuur, dat alzoo aan eene bepaalde temperatuursverhooging steeds dezelfde vermeerdering van volume beantwoordt, onverschillig welke reeds de temperatuur of het volume van het gas zij, is trouwens ook geheel in overeenstemming met hetgeen ons omtrent de natuur der gassen bekend is. Wij weten namelijk, dat de moleculen van een permanent gas geene merkbare adhesie op elkander uitoefenen. Volgens de tegenwoordige zienswijze der natuurkundigen is de temperatuur niets anders dan de bewegingstoestand der moleculen en vermeerdering van spankracht bij constant volume of vermeerdering van volume bij constante drukking een zoo regtstreeksch gevolg van verwarming, dat zij niet zoo zeer als een uitwerksel, dan wel als het zichtbare teeken van temperatuursverhooging moeten worden beschouwd.

Geheel anders gedragen zich vloeistoffen en vaste lichamen. Hunne uitzetting houdt geen gelijken tred met die der gassen en is voor elke stof verschillend. Zij neemt in het algemeen toe bij hoogere temperatuur. Ook dit is geheel in overeenstemming met hetgeen ons omtrent de natuur van vloeibare en vaste lichamen bekend is. Hunne moleculen zijn door aantrekkende krachten aan elkander verbonden, die bij hetzelfde lichaam des te kleiner zijn, naarmate de afstand der moleculen grooter is. Verhindert de aantrekkende kracht der moleculen hare verwijdering, dan is het te verwachten, dat de uitzetting bij dezelfde temperatuursverhooging des te grooter zal zijn, naarmate eene hoogere temperatuur het volume vergroot en daardoor de moleculaire krachten verzwakt heeft.

De natuur der moleculaire werkingen en de invloed, dien de warmte op haar uitoefent, zijn ons echter te weinig bekend, om ons te veroorlooven, bij de berekening van waargenomene uitzettingen eene bepaalde wet aan te nemen, volgens welke de coëfficiënt van uitzetting moet veranderen met de temperatuur. Wij kunnen alleen met grond onderstellen, dat die coëfficiënt grooter moet zijn naarmate de dichtheid kleiner is. Moet ech-

ter eene keuze gedaan worden onder de verschillende onderstellingen, die mogelijk zijn, dan komt het eerst in aanmerking die, welke het eenvoudigst verband tusschen oorzaak en werking uitdrukt. Zij bestaat hierin: aan te nemen, dat de uitzetting voor eene bepaalde temperatuursverhooging bij elke temperatuur omgekeerd evenredig is met de dichtheid of evenredig met het volume van eene bepaalde gewichtshoeveelheid.

Er is eenige waarschijnlijkheid, dat zoo dergelijke wet de uitzetting van nietgasvormige lichamen mocht bepalen, zij bij vloeistoffen duidelijker dan bij vaste lichamen, en onder de vloeistoffen het duidelijkst bij kwik zal worden waargenomen. De vloeistoffen onderscheiden zich van vaste lichamen doordien de aantrekkende krachten harer moleculen enkel afhangen van hare chemische zamenstelling, van temperatuur en van drukking, terwijl bij vaste lichamen de bewerkingen, waaraan zij onderworpen geweest zijn op hunnen graad van hardheid en veêrkracht van invloed zijn. De verandering, die de moleculaire krachten door temperatuursverhooging ondergaan, zullen dus bij vloeistoffen standvastiger zijn dan bij vaste lichamen. Eindelijk mag men verwachten, dat deze veranderingen bij vloeistoffen des te regelmatiger zullen zijn, naarmate zij onder omstandigheden verkeeren meer verschillend van die, waarbij hare moleculaire werkingen plotselinge veranderingen ondergaan. Het kwikzilver nu is een der lichamen die, bij de gewone temperatuur vloeibaar, de grootste tusschenruimte tusschen de smelttemperatuur en het kookpunt vertoonen.

Op dezen grond scheen het mij niet zonder belang te onderzoeken in hoeverre de waarnemingen van REGNAULT overeen te brengen zijn met de onderstelling, dat de volume-vermeerdering bij verwarming van de temperatuur t tot $t + dt$ evenredig is met het volume van kwik bij t^0.

Noemen wij V_t het volume van eene bepaalde gewichtshoeveelheid bij t^0, dan is volgens deze onderstelling

$$d\, V_t = \alpha\, V_t\, d\, t,$$

waarin α eene constante waarde heeft.

Is V_0 het volume bij $t = 0$, dan volgt hieruit:

$$V_t = V_0 e^{\alpha t}.$$

In deze formule komt slechts eene onbekende, α, voor. Zij

biedt daardoor het groote voordeel aan, dat uit elke waarneming de wet van uitzetting volledig kan worden afgeleid, zoodat eene toetsing van de wet aan de onderscheidene waarnemingen eenvoudig geschieden kan door na te gaan of zij allen dezelfde waarde van α opleveren.

Eene voorloopige proef leerde spoedig, dat deze wet zeer wel met de proeven van REGNAULT is overeen te brengen. De zeer belangrijke vereenvoudiging der berekening en het theoretisch belang, dat de verificatie der wet van uitzetting aanbood, schenen dus eene nieuwe bewerking der waarnemingen van REGNAULT voldoende aan te bevelen

---

Alvorens over te gaan tot de berekening der waarnemingen van REGNAULT, moeten wij kortelijk uiteenzetten de wijze waarop REGNAULT uit elke proefneming de waarde der uitzetting, d. i. de lengte der ordinaat van zijne graphische constructie berekend heeft.

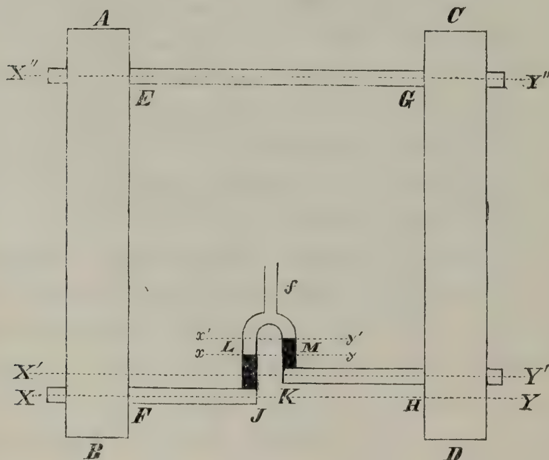


Fig. 1 stelt een schema voor van de inrichting der proeven volgens de eerste methode. De verwarmde kwikzuil AB en de koude kwikzuil CD waren aan het boveneinde in gemeenschap door eene horizontale buis EG. Aan het benedeneinde der buizen AB en CD waren horizontale buizen FJ en KH ver-

bonden, waarop verticale glazen buizen JL en KM waren bevestigd. In deze laatste werd het kwik in evenwicht gehouden door de drukking van de lucht in een reservoir, hetwelk door de buis *f* met de glazen buizen gemeenschap had.

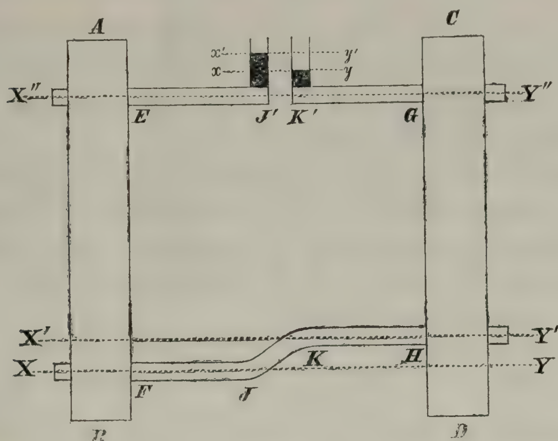


Fig. 2.

Fig. 2 stelt de inrichting van den toestel voor bij het gebruik der tweede methode. De boveneinden der kwikkolommen staan hier door twee horizontale buizen, welker assen in elkanders verlengde vallen, in gemeenschap met de vertikale glazen buizen, welke van boven open zijn. De horizontale buizen aan het ondereinde der kwikkolommen zijn vereenigd door eene dunne ijzeren buis, welke buigzaamheid genoeg bezit, om te kunnen toegeven aan de verplaatsing van FJ, die het gevolg is van de uitzetting der ijzeren buis AB.

Laat XY, X′Y′ en X″Y″ de doorgangen zijn van horizontale vlakken gaande door de assen der buizen FJ, KH en EG, en $x\,y$, $x'y'$ de doorgangen van horizontale raakvlakken aan de menisken van het kwikzilver.

Stellen wij in fig. 1

den	afstand	der vlakken	XY	en	X″Y″	= H′
dien	〃	〃	X′Y′	〃	X″Y″	= H
〃	〃	〃	XY	〃	X′Y′	= h''
〃	〃	〃	$x\,y$	〃	X′Y′	= h'
〃	〃	〃	$x'y'$	〃	X′Y′	= h
〃	〃	〃	$x\,y$	〃	$x'y'$	= Δ.

Zij verder
de temperatuur van het kwik in de buis AB = T
" " " " " " " CD = θ
en die van het kwik in de buizen JL en KM = t.

Indien dan T > ϑ is, is H' de lengte der verwarmde, H die der koude kwikkolom, $h' + h''$ de hoogte van den menisk in de glazen buis JL boven XY en h de hoogte van den menisk in de glazen buis KM boven X'Y'.

Regnault gaat nu bij de berekening van de waarnemingen naar de eerste methode uit van de gelijkheid der drukkingen, die de beide menisken tegen de samengeperste lucht uitoefenen. Noemen wij D_T, D_t en D_θ de dichtheden van kwik bij T°, ϑ^0 en t^0 dan zal men hebben:

$$H' D_T - (h' + h'') D_t = HD_\theta - h D_t \dots (a)$$

De uitzetting van kwik tusschen 0 en t in het algemeen door δ_T aanduidende, heeft men

$$H \frac{D_0}{1 + \delta_T} - (h' + h'') \frac{D_0}{1 + \delta_t} = H \frac{D_0}{1 + \delta_\theta} - h \frac{D_0}{1 + \delta}$$

waaruit men afleidt:

$$\delta_T = \frac{H' - \frac{H}{1 + \delta_\theta} + \frac{h}{1 + \delta_\theta} - (h' + h') \frac{1 + \delta_T}{1 + \delta_t}}{\frac{H}{1 + \delta_\theta} - \frac{h}{1 + \delta_t}} \dots (b)$$

Om de uitzetting δ_T te berekenen moeten dus de waarden $\delta\vartheta$, δt en δ_T bekend zijn. Daartoe bezigde men de methode der opvolgende benaderingen; als eerste benadering diende de uitzetting van kwik afgeleid uit de proeven van Dulong en Petit. Door daarmede eene reeks van proeven tusschen verwijderde temperatuurgrenzen te berekenen, verkreeg men eene reeks van waarden δ_T, waaruit eene interpolatieformule ter berekening van δ_T voor elke temperatuur werd afgeleid.

Deze berekening is niet alleen omslachtig, maar zij heeft bovendien het nadeel. dat zij de uitkomst van elke waarneming niet juist voorstelt, omdat zij eene waarde voor δ_T invoert,

die aan andere waarnemingen ontleend is. De kolom $h' + h''$, welke de belangrijkste temperatuur-herleiding moet ondergaan, was wel is waar in het algemeen niet groot, maar zij bereikte toch in sommige gevallen het $\frac{1}{32}$ deel van de geheele verwarmde kolom.

Bij de berekening der waarnemingen, gedaan naar de tweede methode, ging men uit van de gelijkheid der drukkingen door de beide kwikzuilen op het horizontale vlak XY uitgeoefend. Noemen wij hier h den afstand der vlakken X''Y', en $x'y'$ en h' dien der vlakken X''Y'' in xy, dan vindt men:

$$H' D_T + h D_t = H D_\theta + (h' + h'') D_t,$$

of

$$H' D_T = H D_\theta - (h - h' - h'') D_t \; \ldots\ldots (c)$$

waaruit volgt

$$1 + \delta_T = \frac{H'}{\dfrac{H}{1 + \delta_\theta} - \dfrac{h - h' - h''}{1 + \delta_t}} \; \ldots\ldots (d)$$

Deze formule is niet alleen voor de berekening veel gemakkelijker dan de vorige, maar zij stelt ook veel nauwkeuriger de uitkomst van elke waarneming voor. De kolom $h' + h''$ behoeft niet tot de temperatuur T herleid te worden, de herleiding geschiedt tegelijk met die der kolom H tot 0°, dat is tot eene temperatuur, welke veel meer nabij komt aan die, welke deze kwikzuilen werkelijk bezaten. Men had zich, door de vergelijking (a) in de gedaante (c) te schrijven, het voordeel van eene meer gemakkelijke en juiste berekening ook bij de waarnemingen naar de eerste methode kunnen verschaffen.

Doch de berekening naar de formule (d) heeft altijd nog het nadeel, dat men de uitzetting van kwik moet kennen tusschen 0° en θ°, de temperatuur der koude kwikzuil. REGNAULT heeft er namelijk wegens de groote lengte der kwikkolom CD van moeten afzien, hare temperatuur door smeltend ijs standvastig op 0° te houden. De kwikkolom werd afgekoeld door een stroom koud water, waarvan de temperatuur door middel van kwikthermometers bepaald werd. De waarnemingen kunnen dus

4*

niets anders leeren dan de betrekking der dichtheden van kwik bij ϑ^0 en T^0. Door daaruit de uitzetting tusschen 0^0 en T^0 af te leiden, dringt men aan alle waarnemingen als het ware een gegeven op, dat zij niet bevatten, en daar men bij allen eene gelijke waarde aan de uitzetting tusschen 0^0 en ϑ^0 toekent, zal de onderlinge overeenstemming der onderscheidene waarnemingen grooter schijnen dan zij is. Deze opmerking heeft te meer gewicht, omdat de herleiding van ϑ^0 tot 0^0 op de geheele kwikkolom CD moet worden toegepast. Bij de waarnemingen der drie eerste seriën bedroeg de temperatuur ϑ ongeveer 18^0 tot 19^0, dat is het $\frac{1}{16}$ van het grootste en het $\frac{1}{4}$ van het kleinste temperatuurverschil der beide kwikzuilen. Aan alle waargenomene uitzettingen werd dus bij de berekening een voor allen gelijk bedrag toegevoegd, dat het $\frac{1}{16}$ tot $\frac{1}{4}$ der geheele uitzetting uitmaakte De invloed daarvan moet zich inzonderheid in de uitkomst der proeven bij lage temperatuur doen gevoelen, die voornamelijk de waarde van den coëfficient x van den eersten term der formule van REGNAULT bepalen. Het gevolg moet zijn, dat wanneer men eenmaal voor de uitzetting bij lage temperatuur eene onjuiste waarde heeft ingevoerd, het moeilijk wordt, de einduitkomst daarvan te bevrijden.

Men kan deze onnauwkeurigheid vermijden, indien men zorg draagt, uit de proeven niet meer af te leiden, dan zij werkelijk geven kunnen, te weten de verhouding $\frac{1 + \delta_T}{1 + \delta_\vartheta}$.

Men vindt uit de formule (d):

$$\frac{1 + \delta_T}{1 + \delta_\theta} = \frac{H'}{H - (h - h' - h'')\left(\frac{1 + \delta_\theta}{1 + \delta_t}\right)} = A \quad (e)$$

In den noemer van het tweede lid komt nu nog wel de onbekende waarde $\frac{1 + \delta_\theta}{1 + \delta_t}$ voor, dat is: de dichtheid der kwikkolom $h - h' - h''$ moet van de temperatuur t tot ϑ herleid worden, doch wegens het geringe verschil van t en ϑ, hetwelk slechts zelden meer dan 8^0 bedraagt, en de kleine waarde van

$h - h' - h''$, die nimmer 71^{mm} bereikt, is deze herleiding onbeduidend. Eene benadering van $\delta\vartheta$ en δt op $\frac{1}{20}$ van hun bedrag kan daartoe volstaan.

Neemt men nu, om de uitzetting in functie der temperatuur uit te drukken, eene formule van twee termen aan, dan is:

$$1 + \delta_T = 1 + x\,T + y\,T^2$$
$$1 + \delta_\theta = 1 + x\,\vartheta + y\,\vartheta^2$$

en derhalve

$$\frac{1 + x\,T + y\,T^2}{1 + x\,\vartheta + y\,\vartheta^2} = A,$$

waaruit volgt

$$x\,(T - A\,\vartheta) + y\,(T^2 - A\,\vartheta^2) = A - 1.$$

Elke proefneming kan zulk eene vergelijking opleveren.

In de onderstelling, welke wij aan de waarneming willen toetsen, is

$$V_t = V_o\,e^{\alpha t}$$

Voor $1 + \delta_T$ en $1 + \delta\vartheta$ is dus te stellen $e^{\alpha T}$ en $e^{\alpha\vartheta}$ waardoor men verkrijgt

$$e^{\alpha\,(T - \vartheta)} = \frac{H'}{H - (h - h' - h'')\,e^{\alpha\,(\vartheta - t)}} = A\ (f)$$

De waarde van α wordt dan gevonden door de vergelijking

$$\log\,\alpha = \log\log A - \log\,(T - \vartheta) - \log\,\log\,e.$$

Wij hebben thans nog na te gaan, of er reden bestaat om de getallen, door de waarnemingen geleverd, verbeteringen te doen ondergaan, voordat zij in de berekening worden opgenomen.

Regnault merkt op, dat er eenige onzekerheid bestaat ten aanzien van de ware lengte der kwikzuilen H en H'. Hij zegt daaromtrent het volgende: Nous avons supposé jusqu'ici, que les tubes horizontaux qui relient les colonnes verticales entre

elles et avec les tubes de verre avaient des diamètres infiniment petits. Or, dans la réalité, ces diamètres s'élèvent à $2\frac{1}{2}$ millimètres et il convient de décider, si c'est bien à partir de l'axe du tube horizontal supérieur, qu'il convient de calculer les colonnes de mercure, comme nous l'avons fait jusqu'a présent. Il me semble dans les expériences exécutées par la première méthode, que l'origine des colonnes doit être placée dans l'arête inférieure du canal de communication, parceque les portions des deux colonnes mercurielles qui se trouvent dans les deux tubes verticaux au dessus du plan horizontal passant par cette arête, se font équilibre d'elles-mêmes. C'est au moins ce qui me semble devoir exister, si le liquide est d'une mobilité parfaite.

Regnault besluit hieruit, dat de berekende uitzettingen met $\frac{1}{1200}$ moeten verhoogd worden.

Dezelfde onzekerheid doet zich echter voor bij de onderste horizontale buizen. Regnault verzuimt niet dit op te merken, maar hij voegt er bij, dat zij in geen geval eene merkbare fout kan teweeg brengen, omdat zij slechts van invloed is op de hoogten h en h', die niet anders in de berekening voorkomen dan wegens de verbeteringen, die zij moeten ondergaan om herleid te worden tot de temperaturen T en ϑ. Deze opmerking berust echter op een misverstand. Ook voor de bovenste horizontale buis komt de vraag hierop neder: moet men de kleine kwikkolom tusschen de onderste ribbe en de as der buis beschouwen als eene zuil van de temperatuur ϑ, die van zelve evenwicht maakt met eene gelijke zuil van dezelfde temperatuur in de koude buis, of moet men haar aanmerken als nog te behooren tot de warme kwikzuil H′, die de temperatuur T heeft. De invloed van eene verplaatsing van den oorsprong der hoogten, moet dus aan het benedeneinde van den toestel geheel denzelfden invloed hebben als aan het boveneinde.

Het komt mij voor, dat er geen twijfel kan zijn of de assen de horizontale buizen moeten als de grenzen der kwikkolommen H en H′ worden aangemerkt. Dit blijkt uit de volgende beschouwing. Zij B (fig. 3) een deel der verwarmde kwikzuil, door de buis CD gemeenschap hebbende met de ruimte F, waarin zich kwik van lagere temperatuur bevindt. Onder deze

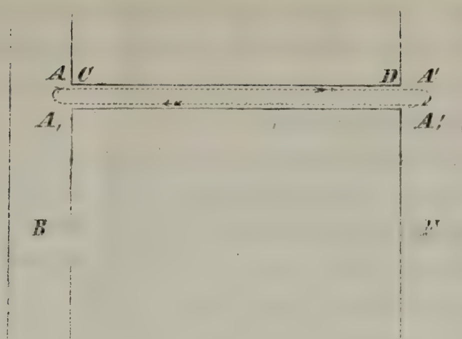


Fig. 3.

omstandigheden zal het kwik in de horizontale buis niet in evenwicht kunnen zijn. Er zal een stroom ontstaan, in de figuur door gestippelde lijnen aangeduid, en gericht in het bovenste deel der buis van de warme naar de koude zuil, in het onderste deel der buis in omgekeerden zin. Zijn nu de temperaturen van B en F standvastig, T en ϑ, dan zal deze stroom eene standvastige snelheid hebben, en die van het stroomdeel AA' zal even groot zijn als die van $A_1 A'_1$. Ondervinden beide stroomen gelijken weerstand, dan zullen ook de bewegende krachten, die hen voortstuwen, gelijk moeten zijn. Noemen wij nu de drukkingen in A, A', A_1, en A'_1, in dezelfde volgorde P, P', P_1, P'_1 dan is de kracht, die den bovensten stroom beweegt, P — P', die van den ondersten stroom $P_1' - P_1$. Men zal dus hebben:

$$P - P' = P_1' - P_1$$

of

$$P_1 - P' = \tfrac{1}{2}(P_1 - P) + \tfrac{1}{2}(P_1' - P')$$

Maar $P_1 - P$ en $P_1' - P'$ zijn de gewichten der kwikzuilen $A_1 A$ en $A_1' A'$. Het verschil der drukkingen in A_1 en A' is dus gelijk aan het gewicht eener kwikzuil, die tot hoogte heeft den vertikalen afstand van beide punten en die voor de eene helft uit kwik van de temperatuur T, voor de andere uit kwik van de temperatuur ϑ bestaat. De as der buis moet dus als de grens beschouwd worden van de verwarmde kwikzuil.

Behoort alzoo de verhooging der waargenomene uitzettingen

met $\frac{1}{1200}$ van haar bedrag, door Regnault aangebracht, te vervallen. eene andere verbetering, welke de waargenomene uitzetting eene kleine vermindering doet ondergaan, scheen mij niet te mogen worden verwaarloosd.

Wij hebben reeds opgemerkt, dat Regnault de buis, waarin zich het kwik op lage temperatuur bevond, niet door smeltend ijs heeft afgekoeld op de standvastige temperatuur van 0^{0}, maar door een stroom koud water, waarvan de temperatuur telkens met behulp van den kwikthermometer bepaald werd. De temperatuur van de warme kwikzuil werd daarentegen bepaald door een luchtthermometer geplaatst in het oliebad, dat de ijzeren kwikbuis omgaf.

Het doel nu van het onderzoek van Regnault is blijkbaar, de ware uitzetting van kwik te bepalen bij verschillende temperaturen, gemeten door de uitzetting van lucht, met andere woorden : de ware uitzetting van kwik te vergelijken met die van lucht. Maar om aan dit beginsel getrouw te blijven, moet men blijkbaar de temperatuur zoowel van de warme als van de koude kwikzuil met behulp van een luchtthermometer bepalen. Bezigt men ter bepaling van de temperatuur der koude kwikzuil een kwikthermometer, dan wordt deze temperatuur gemeten door de schijnbare uitzetting van kwik, welke geenszins dezelfde regelmatigheid heeft als die van lucht. In eene volgende verhandeling zullen wij aantoonen, dat het verschil van de wet van schijnbare uitzetting van kwik en van de wet van uitzetting van lucht belangrijk genoeg is, om zich door een merkbaar verschil van den luchtthermometer en den kwikthermometer tusschen 0^{0} en 100^{0} te verraden. De waarnemingen van Regnault, vermeld in zijne verhandeling „sur la mesure des températures", toonen aan, dat de thermometers met kristallen reservoir, welke hij bezigde, lager wijzen dan de luchtthermometer. Het verschil bedraagt voor $\vartheta = 18^{0}$, de gemiddelde temperatuur der beide eerste serien, $0^{0}, 12$, voor $\vartheta = 19^{0}$ die der derde serie is het $0^{0}, 13$ en voor $\vartheta = 10^{0}$ tot 11^{0}, de temperaturen bij de vierde serie waargenomen, $0^{0}, 08$.

Om dezelfde reden behooren ook de temperaturen, met den luchtthermometer gemeten, verhoogd te worden. Om namelijk het nulpunt van dezen thermometer te bepalen, plaatste Regnault

het glazen reservoir niet in smeltend ijs maar in een oliebad, waarvan de temperatuur door middel van een kwikthermometer bepaald werd. Deze temperatuur was voor de waarnemingen der eerste en tweede serie $21^{0}, 4$, voor die der derde en vierde serie $26^{0}, 1$. Bij deze temperaturen is de kwikthermometer $0^{0}, 14$ en $0^{0}, 16$ bij den luchtthermometer ten achteren.

De invloed dezer afwijking op de temperatuursbepalingen met den luchtthermometer kan berekend worden als volgt.

De temperatuur T van den luchtthermometer wordt volgens Regnault (p 296) bepaald door deze formule:

$$\left\{\frac{1+kT}{1+aT}+\left(\frac{v}{V}\right)_0+\left(\frac{v_1}{V}\right)_0\right\}(H_0+h_0)=\left\{1+\left(\frac{v}{V}\right)_0+\left(\frac{v_1}{V}\right)_0\right\}H'_0$$

waarin H_0' de waargenomene of berekende spanning bij 0^{0}, $H_0 + h^0$ de spanning bij T^{0}, k de coëfficient van kubieke uitzetting van het glas, a de coëfficient van uitzetting van lucht onder constant volume en $\left(\frac{v}{V}\right)_0 + \left(\frac{v_1}{V}\right)_0$ de betrekking voorstelt van den inhoud der verbindingsbuizen tot dien van het reservoir van den luchtthermometer, herleid tot de temperatuur van 0^{0}.

Naardien het voldoende is de waarde der correctie, welke T moet ondergaan, te berekenen tot op $\frac{1}{20}$ van haar bedrag, kunnen wij $\left(\frac{v}{V}\right)_0 + \left(\frac{v_1}{V}\right)_0$ buiten rekening laten, en derhalve onderstellen, dat de luchtthermometer enkel uit het reservoir bestond. Om dezelfde reden kunnen wij stellen:

$$\frac{1+aT}{1+kT}=1+(a-k)\,T.$$

Alsdan is:

$$\frac{H_0+ho}{H'_0}=1+(a-k)\,T.$$

Noemen wij nu $H_1 + h_1$ de waargenomene spanning der

lucht bij de temperatuur t, die, welke REGNAULT gediend heeft om de constante des luchtthermometers te bepalen, dan is eveneens:

$$\frac{H_1 + h}{H_0'} = 1 + (a - k)\, t,$$

of

$$\frac{H_0 + h_0}{H_1 + h_1} = \frac{1 + (a - k)\, T}{1 + (a - k)\, t}.$$

Hieruit volgt:

$$\delta_T = \frac{1 + (a - k)\, T}{1 + (a - k)\, t}\, \delta_t,$$

waarvoor men stellen kan

$$\delta T = \{ 1 + (a - k)\, (T - t) \}\, \delta_t.$$

In plaats van de temperaturen T en ϑ, die men in de tabellen der proeven van REGNAULT vindt opgeteekend, de verbeteringen δ T en $\delta\,\vartheta$ te doen ondergaan, heb ik het beter geacht de uitzetting van kwik te berekenen met de gegevens gelijk zij door REGNAULT worden medegedeeld. De waarde voor den uitzettingscoëfficient α van kwik uit elke proef berekend, werd daarna wegens de fouten δ T en $\delta\,\vartheta$ verbeterd. Hiertoe heeft men uit de vergelijking

$$e^{\alpha (T - \theta)} = A,$$

$$\delta\alpha = -\frac{\alpha}{T - \theta}\, (\delta T - \delta_\theta)$$

REGNAULT bepaalde de uitzetting van kwik bij eenige temperatuur telkens door twee tot zes metingen bij welke de temperatuur en de overige gegevens der waarneming weinig verschilden. In plaats van voor elk dezer 135 metingen eene afzonderlijke waarde te berekenen, heb ik voor elke proef uit de metingen, die haar zamenstellen, de gemiddelde waarde van H, h, h', h'', T, ϑ en t genomen en hieruit de waarde van α afgeleid. Binnen de zeer naauwe grenzen van de uiterste temperaturen bij

elke proef waargenomen, mag men de veranderingen in de uitzettingen evenredig stellen met de temperatuur. Ik heb mij bovendien overtuigd, dat bij de proef, die de meest uiteenloopende temperaturen omvat, de dus berekende uitzettingscoëfficient volkomen overeenstemt met het gemiddelde der waarden uit elke afzonderlijke meting afgeleid.

De uitkomst der berekening en de gegevens waarop zij berust vindt men in tabel 1 vereenigd.

WARE UITZETTING

BEREKEND NAAR DE WAAR-

TABEL I.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Serie	N°.	T	t	θ	$T-\theta$	$\theta-t$	Δ mm	H mm	h-h'-h'' mm	verbetering van h-h'-h'' mm
I	1	75°,18	22°,06	17°,96	57°,22	— 4°,1	16,08	1557,26	12,80	— 0.01
"	2	90°,22	22°,41	18°,03	72°,19	— 4°,4	20,13	"	16,87	— 0.01
"	3	100°,52	23°,00	18°,14	82°,38	— 4°,9	22,99	"	19,41	— 0 01
"	4	132°,14	22°,57	18°,01	114°,13	— 4°,6	31,85	"	27,99	— 0.02
II	5	68°,31	19°,27	17°,60	50°,71	— 1°,6	14,25	"	9,77	— 0,00
"	6	85°,98	20°,45	17°,65	68°,33	— 2°,8	19,11	"	14,57	— 0,01
"	7	123°,46	22°,01	17°,79	105°,67	— 4°,2	29,53	"	25,07	— 0,02
"	8	147°,18	23°,49	17°,95	129°,23	— 5°,5	36,02	"	31.50	— 0,04
"	9	166°,33	23°,90	18°,14	148°,19	— 5°,8	41,29	"	36,15	— 0,04
"	10	198°,79	24°,62	18°,28	180°,51	— 6°,3	50,11	"	45,11	— 0,05
III	11	124°,06	25°,61	19°,33	104°,73	— 6°,3	29,24	1557,62	26,26	— 0,03
"	12	138°,76	27°,72	19°,38	119°,38	— 8°,3	33,38	"	31,12	— 0,05
"	13	140°,12	27°,90	19°,54	120°,58	— 8°,4	33,71	"	30,89	— 0,05
"	14	159°,25	29°,28	19°,77	139°,49	— 8°,5	38,89	"	35,69	— 0,05
"	15	169°,16	27°,06	19°,20	149°,96	— 7°,9	41,78	"	39,55	— 0,06
"	16	205°,57	26°,41	19°,23	186°,34	— 7°,2	51,92	"	48,56	— 0,06
"	17	223°,22	22°,78	18°,59	204°,63	— 4°,2	56,76	1556,98	51,39	— 0,04
"	18	257°,87	23°,91	18°,71	239°,16	— 5°,2	66,28	"	59,88	— 0,06
"	19	287°,45	25°,00	18°,86	268°,59	— 6°,1	74,44	"	67,23	— 0,07
"	20	299°,19	23°,88	18°,88	280°,31	— 5°,0	77,65	"	70,62	— 0,06
"	21	289°,41	22°,87	18°,87	270°,54	— 4°,0	74,95	"	67,91	— 0,05
IV	22	24°,07	8°,85	10°,73	13°,34	+ 1°,9	3,83	1557,86	1,71	0,00
"	23	64°,19	10°,20	10°,60	53°,59	+ 0°,4	15,11	"	12,22	"
"	24	77°,42	10°,44	10°,63	66°,79	+ 0°,2	18,82	"	15,58	"
"	25	80°,19	10°,44	10°,82	69°,37	+ 0°,4	19,49	"	16,27	"
"	26	121°,46	12°,33	10°,55	110°,91	— 1°,7	31,07	"	27,65	— 0,01
"	27	122°,74	12°,34	10°,72	112°,02	— 1°,5	31,31	"	27,89	— 0,01
"	28	128°,60	11°,27	10°,83	117°,77	— 0°,4	32,97	"	29,70	0,00
"	29	127°,72	11°,28	10°,83	116°,89	— 0°,4	32,71	"	29,44	"
"	30	146°,90	11°,46	10°,99	135°,91	— 0°,5	37,96	"	34.39	"
"	31	176°,21	12°,47	10°,79	165°,24	— 1°,5	46,07	"	41,67	— 0,01
"	32	179°,64	12°,91	11°,10	168°,54	— 1°,8	46,94	"	42,59	— 0,01
"	33	205°,07	12°,91	10°,99	194°,08	— 2°,0	54,01	"	48,68	— 0,02
"	34	241°,63	13°,49	11°,25	230°,38	— 2°,2	63,95	"	58,38	— 0,02
"	35	281°,01	15°,67	11°,36	269°,65	— 4°,3	74,83	"	68,43	— 0,04

VAN KWIKZILVER,

NEMINGEN VAN **REGNAULT.**

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Verbeterde waarde van $h-h'-h''$	N	H'	α	δt	δT	$\delta \theta$	$\delta(T.\theta)$	$\delta \alpha$	α verbeterde waarde
mm	mm	mm							
12,79	1544,47	1560,54	0,00018090	0,14	0,17	0,12	0,05	0,00000016	0,00018074
16,86	1540,40	1560,52	17976	„	0,18	„	0,06	015	17961
19,40	1537,86	1560,84	18005	„	0,18	„	0,06	013	17992
27,97	1529,29	1561,12	18050	„	0,20	„	0,08	013	18037
9,77	1547,49	1561,74	18076	„	0,17	„	0,05	016	18060
14,56	1542,70	1561,80	18006	„	0.17	„	0,05	015	17991
25,05	1532,21	1561,72	18054	„	0,19	„	0,07	012	17042
31,46	1525,81	1561,78	18030	„	0,21	„	0,09	013	18017
36,11	1521,15	1562,40	18055	„	0,22	„	0,10	012	18043
45,06	1512,20	1562,26	18043	„	0.23	„	0,11	011	18032
26,23	1531,39	1560,60	18040	0,16	0,21	0,13	0,08	014	18026
31,07	1526,55	1559,88	18092	„	0,21	„	0,08	012	18080
30,84	1526,78	1560,44	18085	„	0,22	„	0,09	013	18072
35,64	1521,98	1560,82	18066	„	0,24	„	0,11	014	18052
39,49	1518,13	1559,85	18078	„	0,24	„	0,11	013	18065
48,50	1509,12	1560,98	18130	„	0,26	„	0,13	013	18117
51,35	1505,63	1562,35	18072	„	0,27	„	0,14	013	18059
59,82	1497,16	1563,38	18097	„	0,29	„	0,16	012	18085
67,16	1489.82	1564,19	18137	„	0,31	„	0,18	012	18125
70,56	1486,42	1564,01	18152	„	0,32	„	0,19	012	18140
67,86	1489,12	1564,02	18140	„	0,31	„	0,18	012	18128
1,71	1556,15	1559,98	18426	„	0,16	0,08	0,08	111	18315
12,22	1545,64	1560,74	18141	„	0,17	„	0,09	031	18110
15,58	1542,28	1561,10	18160	„	0.19	„	0,11	030	18130
16,27	1541.59	1561,08	18111	„	0,19	„	0,11	028	18083
27,64	1530,22	1561,28	18118	„	0,21	„	0,13	021	18097
27,88	1529,98	1561,28	18078	„	0,21	„	0,13	021	18057
29,70	1528,16	1561,13	18125	„	0,22	„	0,14	019	18106
29,44	1528,42	1561,13	18115	„	0,22	„	0,14	019	18096
34,39	1523,47	1561,43	18109	„	0,23	„	0,15	019	18090
41,66	1516,20	1562,26	18111	„	0,24	„	0,16	017	18094
42,58	1515,28	1562,21	18098	„	0,24	„	0,16	017	18081
48,66	1509.20	1563,19	18111	„	0,26	„	0,18	017	18094
58,36	1499,50	1563.43	18123	„	0,28	„	0,20	016	18107
68,39	1489,47	1564,26	0,00018169	„	0,31	„	0,21	0,00000014	0,00018154

In de eerste kolom is de reeks aangeduid, tot welke elke proef behoort, in de tweede is aan elke proef een doorloopend rangnommer gegeven. De zeven volgende kolommen bevatten de gegevens van de waarnemingen van REGNAULT waaruit in de 10e kolom het bedrag $h - h' - h''$ is afgeleid. De elfde bevat de verbetering, die de lengte der kwikzuil $h - h' - h''$ moet ondergaan om van de dichtheid bij de temperatuur t tot de dichtheid bij de temperatuur ϑ herleid te worden. De twaalfde kolom bevat de dus verbeterde waarde van $H - (h - h' - h'')\, e^{\alpha(\vartheta - t)}$ dat is van den noemer van het tweede lid der formule (f). De waarde H' van de lengte der warme kwikkolom is door REGNAULT niet regtstreeks opgegeven. Ware h'' bekend dan zou men kunnen stellen:

$$H' = H + h''$$

doch ook de waarden van h'' komen in de tabellen van REGNAULT niet anders voor dan vereenigd met h'. Om H' te vinden moet men dus, zooals uit de figuren gemakkelijk te zien is, stellen:

$$H' = H - (h - h' - h'') + \Delta.$$

Deze waarde vindt men in de veertiende kolom. De vijftiende kolom bevat de waarden van α berekend uit N en H'. De kolommen 16 — 20 hebben betrekking op de verbeteringen, welke de waarden van α moeten ondergaan wegens het verschil van luchtthermometer en kwikthermometer. De 21e kolom bevat de verbeterde waarden van α.

De elfde kolom doet het voordeel der gebezigde wijze van berekenen volgens formule (f) duidelijk in het oog vallen. De aantebrengen verbetering wegens de herleiding van de temperatuur t tot ϑ is zoo onbeduidend, dat zij niet alleen geene onzekerheid kan veroorzaken, maar bovendien zonder eenige moeite is te berekenen.

De twintigste kolom doet zien, dat de verbetering wegens het verschil van lucht- en kwikthermometer geenszins onbeduidend is. Inzonderheid geldt dit van de waarnemingen der vierde serie, bij welke de temperatuur van de koude kwikkolom lager was dan bij de overige reeksen, zoodat de verbetering δT van de temperatuur des luchtthermometers een sterker overwicht

heeft boven $\delta\,\vartheta$, die van de temperatuur des kwikthermometers in de koude kwikkolom. De overeenstemming der waarden van α in de laatste kolom toont duidelijk aan, dat de formule

$$V_t = V_0\, e^{\alpha t}$$

met voldoende naauwkeurigheid aan de waarnemingen voldoet. Dit valt inzonderheid in het oog, wanneer men de getallen voor α verkregen, welke bij dezelfde serie behooren, bij elkander vergelijkt. Was de formule $V_t = V_0\, e^{\alpha t}$ niet zeer nabij de uitdrukking van de uitkomst der proefnemingen, dan zou eene geregelde opklimming of afdaling, of eene regelmatige periodieke opklimming en afdaling in de waarden van α zijn op te merken. Daarvan is in geene der reeksen iets te ontdekken, zoodat de onvermijdelijke fouten der waarneming minstens even groot moeten zijn als die der formule. Eene uitzondering leveren alleen de waarden van α, berekend uit waarnemingen bij eene temperatuur hooger dan 280°; zij geven allen voor α een getal, dat belangrijk hooger is dan het gemiddelde van de overige waarnemingen. Voor temperaturen boven 280° schijnt alzoo de formule $V_t = V_0\, e^{\alpha t}$ met de waarnemingen niet te kunnen worden overeengebracht.

Het kan niet verwonderen dat bij temperaturen, die het kookpunt van kwikzilver nabij komen, de uitzetting van deze vloeistof hare regelmatigheid verliest. Intusschen kan het nog moeilijk als zeker worden beschouwd, dat hier werkelijk eene afwijking van de door ons aangenomen wet plaats vindt. Bij zoo hooge temperatuur wordt namelijk ook de luchtthermometer onzeker, eene onregelmatigheid in de uitzetting van het glas, of eene kleine onnauwkeurigheid van de waarde, welke aan den coëfficient van kubieke uitzetting van het glas werd toekekend, kan reeds een zeer aanmerkelijk verschil in de berekende waarde van α teweegbrengen.

Wanneer men aan de uitkomst van elke proef een gewicht toekent evenredig met het aantal metingen, waaruit de proef bestaat, en het temperatuurverschil $T - \vartheta$, verkrijgt men als algemeen middental:

$$\alpha = 0{,}000018077.$$

De vier reeksen geven op dezelfde wijze berekend:

1e	Serie,	α	=	0,00018018
2e	"	α	=	0,00018027
3e	"	α	=	0,00018093
4e	"	α	=	0,00018103.

De uitkomsten der reeksen 1 en 2 stemmen even als die van 3 en 4 onderling veel beter overeen dan het gemiddelde van 1 en 2 met het gemiddelde van 3 en 4. Naardien de constante van den luchtthermometer voor de beide tweetallen van reeksen afzonderlijk werd bepaald, is het niet onwaarschijnlijk, dat eene fout in eene dezer bepalingen de oorzaak van dit verschil is.

Opmerkelijk is de overeenstemming van de reeksen 3 en 4, omdat Regnault aan de vierde reeks, wegens de te hooge waarden, welke zij voor α opleverde, eene minder groote nauwkeurigheid toeschreef. Men zou eer geneigd zijn juist de vierde reeks, wat hare nauwkeurigheid betreft, als de best geslaagde te beschouwen. Dat zij dit werkelijk is, zal aanstonds nader blijken.

Het scheen mij niet zonder gewicht, te onderzoeken in hoeverre de door mij verkregene uitkomst beter aan de waarnemingen voldoet dan die van Regnault.

Met dit doel is tabel II berekend. Daarin vindt men de betrekking der dichtheden van het kwik bij T en ϑ berekend:

1°. volgens de waarnemingen;

2°. volgens de formule van Regnault;

3°. volgens de formule $V_t = V_0\, e^{\alpha t}$.

1. Volgens de formule (e) is de betrekking der dichtheden bij T en ϑ, uit de waarnemingen afgeleid, het quotient der getallen, voorkomende in de kolommen 13 en 14 der tabel I.

2. De formule door Regnault uit zijne waarnemingen afgeleid, geeft voor de genoemde verhouding

$$\frac{\delta_T}{\delta_\theta} = \frac{1 + a\,T + b\,T^2}{1 + a\,\vartheta + a\,\vartheta^2}.$$

Voor a en b is hierin te stellen:

$$a = 0{,}00017900,$$
$$b = 0{,}0000002444.$$

Deze zijn namelijk, zooals ons hierboven bleek, de waarden der coëfficienten, die men verkrijgt uit de getallen welke Regnault regtstreeks aan zijne graphische constructie ontleende voordat zij met $\frac{1}{1200}$ werden verhoogd. Wilde men de coëfficienten *a* en *b* bezigen, welke Regnault opgeeft, dan zou men, om de uitkomst met de waarnemingen te vergelijken, de gegevens der waarnemingen moeten wijzigen met een bedrag, hetwelk met eene vermeerdering van uitzetting tot $\frac{1}{1200}$ van hunne waarde overeenkomt.

3. De verhouding der dichtheden bij T^o en ϑ^o volgens de nieuwe formule is eenvoudig $= e^{0,00018077\ (T - \vartheta)}$.

Naardien echter de waarde $\alpha = 0,00018077$ verkregen is, nadat de invloed eener fout van T en ϑ was in rekening gebracht, moet men het temperatuursverschil $T - \vartheta$ ook bij de vergelijking van proefneming en berekening verbeteren. Dit is geschied in de vierde kolom van tabel II. In de vijfde, zesde en zevende kolommen is de betrekking $\frac{\delta T}{\delta \vartheta}$ opgegeven, volgens de waarneming en volgens de beide formulen. De achtste en negende bevatten de afwijkingen van waarneming en berekening. In de tiende en elfde kolom eindelijk is berekend welke fout in de aflezing der hoogte $\triangle$ moet ondersteld worden om het verschil van waarneming en berekening te verklaren, wanneer men aanneemt dat deze laatste volkomen juist is.

TABEL II.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			T - θ	Betrekking der dichtheden volgens			Verschil van waarneming en berekening.		Bedrag van het verschil in millimeters.	
N°.	T	θ	Verbeterd.	Waarneming.	Formule van REGNAULT.	Nieuwe formule.	Formule van REGNAULT.	Nieuwe formule.	Formule REGNAULT.	Nieuwe formule.
										mm
1	75°,18	17°,96	57°,27	1,010405	1,010338	1,010406	+0,000067	—0,000001	+0,10	—0,00
2	90°,22	18°,03	72°,25	1,013062	1,013071	1,013146	—0,000009	—0,000082	—0,01	—0,12
3	100°,52	18°,14	82°,44	1,014942	1,014937	1,015014	+0,000005	—0,000072	+0,01	—0,10
4	132°,14	18°,01	114°,21	1,020814	1,020781	1,020861	+0,000033	—0,000047	+0,05	—0,07
5	68°,31	17°,60	50°,76	1,009208	1,009153	1,009220	+0,000055	—0,000012	+0,08	—0,02
6	85°,98	17°,65	68°,35	1,012381	1,012369	1,012438	+0,000012	—0,000057	+0,02	—0,09
7	123°,46	17°,79	105°,74	1,019260	1,019220	1,019299	+0,000040	—0,000039	+0,06	—0,06
8	147°.18	17°,95	129°,32	1,023575	1,023600	1,023655	—0,000025	—0,000075	—0,04	—0,11
9	166°,33	18°,14	148°,29	1,027118	1,027039	1,027170	+0,000079	—0,000052	0.15	+0,08
10	198°,79	18°,28	180°,62	1,033104	1,033160	1,033190	—0,000054	—0,000086	—0,08	—0,13
11	124°,06	19°,33	104°,81	1,019074	1,019047	1,019127	+0,000027	—0,000053	+0,04	—0,08
12	138°,76	19°,38	119°,46	1,021834	1,021757	1,021830	+0,000077	+0,000004	+0,12	—0,00
13	140°,12	19°,54	120°,67	1,022046	1,021977	1,022053	+0,000069	—0,000007	+0,10	—0,01
14	159°,25	19°,77	139°,60	1,025520	1,025487	1,025558	+0,000033	—0,000038	+0,05	—0,06
15	169°,16	19°,20	150°,07	1,027481	1,027438	1,027499	+0,000043	—0,000018	+0,06	—0,03
16	205°,57	19°,23	186°,47	1,034362	1,034262	1,034283	+0,000100	+0.000079	+0,15	+0,12
17	223°,22	18°,59	204°.77	1,037672	1,037714	1,037710	—0,000042	—0,000038	—0,06	—0,06
18	257°,87	18°,71	239°,32	1,044230	1,044276	1,044210	—0,000046	+0,000020	—0,06	+0,03
19	287°,45	18°,86	268°,77	1,049919	1,049917	1,049785	+0,000002	+0,000134	0,00	+0,20
20	299°,19	18°,88	280°,50	1,052199	1,052178	1,052013	+0,000021	+0,000186	+0,03	+0,28
21	289°,41	18°,87	270°,72	1,050298	1,050295	8,050154	+0,000003	+0,000144	0,00	+0,22
22	24°,07	10°,73	13°,42	1,002461	1,002395	1,002428	+0,000067	+0,000033	+0,10	+0,05
23	64°,19	10°,60	53°,68	1,009769	1,009677	1,009751	+0,000092	+0,000018	+0,14	+0,03
24	77°,42	10°,63	66°,90	1,012203	1,012075	1,012167	+0,000128	+0,000036	+0,19	+0,05
25	80°,19	10°,82	69°,48	1,012642	1.012546	1,012639	+0,000096	+0,000003	+0,15	0,00
26	121°,46	10°,55	111°,04	1,020298	1,020174	1,020275	+0,000124	+0,000023	+0,19	+0,03
27	122°,74	10°,72	112°,15	1,020458	1,020383	1,020480	+0,000075	—0,000022	+0,11	—0,03
28	128°,60	10°,83	117°,91	1,021575	1,021439	1,021543	+0,000136	+0,000032	+0,20	+0,05
29	127°,72	10°,83	117°,03	1,021401	1,021278	1,021382	+0,000123	+0,000029	+0,18	+0,04
30	146°,90	10°,99	136°,06	0,024917	1,024801	1,024901	+0,000116	+0,000016	+0,17	+0,02
31	176°,21	10°,97	165°,40	1,030379	1,030274	1,030350	+0,000105	+0,000029	+0,16	+0,04
32	179°,64	11°,10	168°,60	1,030971	1,030894	1,030950	+0,000077	+0,000021	+0,12	+0,03
33	205°,07	10°,99	194°,26	1,035774	1,035695	1,035740	+0,000079	+0,000034	+0,12	+0,05
34	241°,63	11°,25	230°,58	1,042634	1,042642	1,042565	—0,000008	+0,000069	—2,01	+0,10
35	281°,01	11°,36	269°,86	1,050213	1,050098	1,049992	+0,000115	+0,000221	+0,17	+0,13

Het blijkt aanstonds, dat de nieuwe formule veel beter aan de waarnemingen voldoet dan die van Regnault. Volgens de formule van Regnault zou de som der positieve fouten in de hoogte der menisken 3,02 millimeter, die der negatieve slechts 0,26 millimeter zijn; naar de nieuwe formule berekend zijn deze fouten 1,05 millimeter en 1,42 millimeter. Bijna alle waarnemingen duiden eene sterkere uiteenzetting aan, dan uit de formule van Regnault zou voortvloeijen. De som van de vier kanten der fouten is 0,4374 volgens de formule van Regnault en 0,3175 volgens de nieuwe formule. Tot dit laatste getal dragen echter de waarnemingen n°. 19, 20 en 21 bij de hooge temperaturen 287° tot 299° voor een bedrag van 0,1508 bij. Sluit men, om de reeds aangevoerde redenen, deze waarnemingen uit, dan wordt de som van de vierkanten der fouten volgens de nieuwe formule slechts 0,1508, d. i. bijna driemaal kleiner dan volgens de formule van Regnault. De bijna volkomene overeenstemming van de drie genoemde waarnemingen bij hooge temperaturen met de formule van Regnault is een gevolg van de omstandigheid, dat zij, met uitsluiting van andere waarnemingen, juist tot de berekening der formule hebben gediend.

Tusschen de formule van Regnault en de door mij berekende bestaat dus dit onderscheid, dat de eerste voldoet aan de waarnemingen bij temperaturen hooger dan 280°, terwijl de laatste veel nauwkeuriger de wet van uitzetting tusschen 24° en 280° uitdrukt. Naardien het juist de uitzettingen tusschen deze laatste grenzen, en voornamelijk tusschen 0° en 100° zijn, waarvan de nauwkeurige kennis van het meeste belang is voor de proefondervindelijke natuurkunde, en bovendien de waargenomene uitzettingen bij zeer hooge temperaturen van weinig beteekenis zijn, wegens de onzekerheid, die het meten der temperatuur, met behulp van den luchtthermometer op die punten der schaal aanbiedt, zoo aarzel ik niet als de meest naauwkeurige uitdrukking der waarnemingen van Regnault voor te stellen de formule $V_t = V_o\, e^{0{,}00018077\, t}$.

Vooral de waarnemingen der vierde serie voldoen met opmerkelijke nauwkeurigheid aan deze wet. Met uitzondering der beide laatste, is er geene enkele waarneming, welker vermoedelijke fout meer dan 6 honderdsten van een millimeter in de

hoogte van den kwikmenisk bedraagt. Nu schijnt mij de inrichting der proeven van deze serie meer waarborgen voor eene nauwkeurige bepaling dezer hoogte op te leveren, dan die van de andere seriën. Bij de proeven dezer laatste werden namelijk de kwikzuilen aan haar benedeneinde in evenwicht gehouden door samengeperste lucht. Daar deze onophoudelijk aan verandering van spankracht blootstaat, moesten hieruit voortdurende verplaatsingen van de menisken voortvloeijen, die voor eene nauwkeurige bepaling van hunnen stand op een gegeven oogenblik niet anders dan nadeelig konden zijn.

Zooals wij hebben opgemerkt, zijn vooral bij lagere temperaturen de uitzettingen van het kwikzilver volgens de formule van Regnault te klein. Men vindt in de tabel, waarmede Regnault zijne verhandeling besluit, de uitzetting bij 100°

$$\delta_{100} = 0{,}018153.$$

Volgens de door mij verkregen uitkomst is

$$\delta_{100} = 0{,}018241.$$

Het getal, hetwelk vóór de onderzoekingen van Regnault als de uitkomst der proeven van Dulong en Petit werd aangenomen, is:

$$\delta_{100} = 0{,}018018.$$

Het verschil tusschen de uitkomsten van Dulong en Petit en die van Regnault moet alzoo met $\frac{1}{3}$ van zijn bedrag worden verhoogd. Bij de bepaling der uitzetting van gassen hebben Regnault en Magnus de uitzetting der glazen reservoirs, waarin zij besloten waren, berekend door het verschil te nemen van de ware uitzetting van kwik tusschen 0° en 100° en de waargenomene schijnbare uitzetting van kwik in de gebezigde reservoirs. Voor de ware uitzetting van kwik tusschen 0° en 100° bezigden zij de waarde, door Dulong en Petit gevonden, te weten: 0,018018, welke blijkt 0,000223 te klein te zijn. De berekende uitzetting van het glas, en daarmede die van lucht is mitsdien eveneens te klein en het bedrag 0,3665 voor de uitzetting van lucht tusschen 0° en 100° verkregen, behoort te worden verhoogd tot 0,3667.

OVER DE

SCHIJNBARE UITZETTING VAN KWIKZILVER

EN

DEN GANG VAN DEN

KWIKTHERMOMETER,

VERGELEKEN BIJ DIEN VAN DEN

LUCHTTHERMOMETER

VOLGENS DE WAARNEMINGEN VAN REGNAULT.

DOOR

J. BOSSCHA. Jr.



Het hoofddoel van eene nauwkeurige bepaling van de ware uitzetting van kwik is het verkrijgen van een gegeven, hetwelk men noodig heeft voor de berekening van de uitzetting der glazen reservoirs, welke bij het meten van de uitzetting van vloeistoffen en gassen gebruikt worden. Nu wij in de vorige verhandeling uit de waarnemingen van Regnault voor de ware uitzetting van kwik tusschen 0° en 100° eene getalwaarde hebben afgeleid, vrij aanmerkelijk verschillende van die, welke Regnault op grond zijner onderzoekingen daarvoor aanneemt, behoort derhalve te worden nagegaan, hoe de uitzetting van glas, welke Regnault uit zijne proeven berekende, moet gewijzigd worden om aan de waarnemingen te voldoen. Naardien Regnault uit de waargenomene schijnbare en ware uitzettingen van kwikzilver de uitzetting van het glas afleidde, zou dit onderzoek in weinige regelen kunnen afloopen, indien zich niet eene omstandigheid voordeed, welke twijfel doet ontstaan, hetzij omtrent de nauwkeurigheid der proefnemingen over de schijnbare uitzetting van kwikzilver, hetzij omtrent de wijze waarop uit de proefnemingen deze uitzetting berekend werd.

Noemen wij Δ_t de ware uitzetting van kwik tusschen 0°

en t^o, Δ'_t de schijnbare uitzetting van kwikzilver en δ_t de ware uitzetting van glas tusschen dezelfde temperatuurgrenzen, dan is

$$(1 + \Delta_t) = (1 + \Delta'_t)\ (1 + \delta_t) : \ldots \ (a)$$

Regnault heeft, zooals wij in de vorige verhandeling zagen, voor de uitzetting van kwik de formule aangenomen:

$$\Delta_t = 0{,}00017900\ t + 0{,}00000002523\ t^2 \ldots \ (b)$$

In de verhandeling „Sur la mesure des températures" (*) vindt men een groot aantal proefnemingen beschreven, welke ten doel hadden den gang van kwikthermometers, van verschillende soorten van glas vervaardigd, te vergelijken bij dien van den luchtthermometer. Deze proeven kunnen de schijnbare uitzetting van kwik Δ'_t leeren kennen bij verschillende temperaturen, gemeten met den luchtthermometer. In de verhandeling van Regnault wordt echter de wet, volgens welke de schijnbare uitzetting van kwik met de ware temperatuur verandert, niet opgegeven. Men vindt er alleen in aangeduid, welke verschillen kwikthermometers van onderscheidene soorten van glas met den luchtthermometer op verschillende punten der honderddeelige schaal vertoonen. De verhandeling bevat bovendien eene tabel, waarin van 10° tot 10° de uitzettingen van kristal en van gewoon glas, de twee glassoorten waarmede Regnault zich inzonderheid bezig hield, tusschen 0° en 350° zijn opgeteekend. Bij de berekening dezer tabel werd gebruik gemaakt van de uitkomsten verkregen door de proeven over de ware uitzetting van kwik. Hoe echter uit de proeven, welke dienden om den gang van kwikthermometers en van luchtthermometers te vergelijken, eene formule voor de schijnbare uitzetting van kwik bij verschillende temperaturen werd afgeleid, wordt niet vermeld. Deze formule kan intusschen met behulp der betrekking (a) worden teruggevonden uit de formule (b) voor de ware uitzetting van kwik en uit de uitzettingen van kristal en glas in de tabel opgegeven. Men vindt zoodoende voor de schijnbare uitzetting van kwik en kristal Choisy le Roy:

$$\Delta'_t = 0{,}00015640\ t + 0{,}0000001926\ t^2 \ldots \ (c)$$

en voor de schijnbare uitzetting van kwik in glas:

(*) Mémoires de l'Académie Royale des sciences de l'Institut de France, Tome XXI p. 163.

$$\Delta'_t = 0{,}00015287\, t + 0{,}00000000849\, t^2 \ldots (d)$$

Deze formulen zijn niet alleen ter bepaling van de ware uitzetting van glas maar ook voor de kennis van den gang des kwikthermometers belangrijk. Zij veroorloven namelijk, voor elk punt der thermometerschaal, het verschil van den kwikthermometer te berekenen. Zij namelijk in het algemeen de formule voor de schijnbare uitzetting van kwik in glas

$$\Delta'_t = a t + b t^2 + c t^3.$$

De temperatuur T, door den kwikthermometer bij de temperatuur t van den luchtthermometer aangeduid, is dan

$$T = \frac{\Delta t}{\Delta 100} 100 = \frac{a t + b t^2 + c t^3}{a\, 100 + b\, 100^2 + c\, 100^3}\, 100$$

Hieruit vindt men

$$T - t = t\,(t - 100)\, \frac{\frac{b}{a} + \frac{c}{a}(t + 100)}{1 + \frac{b}{a} 100 + \frac{c}{a} 100^2} \ldots (e)$$

Naardien in de formule van Regnault voor de ware uitzetting van kwik, en in die voor de uitzetting van glas, geen derde term voorkomt, zoo kan die ook in de formule (c) en (d) niet worden aangenomen, zoodat men eenvoudig stellen kan:

$$T - t = \frac{t\,(t - 100)\, \frac{b}{a}}{1 + \frac{b}{a}\, 100} \ldots (f)$$

Nu zijn in de formule (c) en (d) de coëfficienten a en b beide positief. Hieruit volgt, dat voor temperaturen tusschen 0° en 100° de kwikthermometers, zoowel die van glas als die van kristal, achtergaan bij den luchtthermometer, en dat zij daarentegen voor alle temperatnren boven 100° hooger wijzen. Tusschen 0° en 100° heeft het grootste verschil plaats bij 50°, het bedraagt dan:

voor den thermometer met kristallen reservoir. . . . . . 0°,31
voor den thermometer met glazen reservoir . . . . 0°,14.

Dit verschil is gewis belangrijk genoeg, om eenige nadere beschouwing te verdienen.

Men vindt in de verhandelingen van REGNAULT enkele malen melding gemaakt van de afwijking, die de kwikthermometer en de luchtthermometer tusschen 0° en 100° vertoonen. Zoo zegt REGNAULT op blz. 238 „Il est probable qu'il existe une différence sensible entre 0° et 100° dans la marche de ces divers instruments. Les expériences du tableau annexé à la page 226 le montrent d'une manière évidente, mais les différences sont si petites, qu'il est difficile de les déterminer avec quelque précision." Raadpleegt men de tabel, naar welke verwezen wordt, zoo vindt men dat inderdaad een verschil tusschen die beide thermometers is waargenomen, hetwelk in het algemeen des te grooter is, naarmate de waargenomene temperatuur dichter bij 50° gelegen is. Het bedrag van het grootste verschil, dat werd waargenomen, is 0°,30. Doch het blijkt tevens, dat de kwikthermometer steeds *hooger* wijst dan de luchtthermometer, terwijl volgens de zoo even ontwikkelde formulen, het verschil T — *t* negatief is en de kwikthermometer *lager* moet wijzen.

In de verhandeling over de spankrachten van waterdamp vindt men op bladz. 616 de volgende opmerking: „il est probable, d'après la forme que nous avons reconnue à la courbe qui représente la comparaison de ces deux espèces d'instruments que les températures données par les thermomètres à mercure, avec enveloppe de cristal, sont un peu plus faibles, entre 0° et 100°, que celles qui sont marquées dans les mêmes circonstances par le thermomètre à air. Les forces élastiques que nous avons trouvées directement dans nos expériences, sont donc probablement un peu trop fortes, lorsqu'on les rapporte au thermomètre à air. Les différences sont d'ailleurs trop petites, pour que l'on puisse espérer pouvoir les fixer avec certitude dans des observations directes."

REGNAULT verwachtte dus inderdaad, dat de kwikthermometer tusschen 0° en 100° lager zou wijzen dan de luchtthermometer. Dat de waarnemingen, waarnaar hij verwijst, het omgekeerde aantoonen is wellicht de oorzaak geweest, dat hij het vaststellen van het verschil in gang der beide thermometers tusschen 0° en 100° buiten het bereik der waarneming acht.

Hoe weinig de formulen voor de schijnbare uitzetting van kwikzilver, die Regnault ter berekening van de uitzetting van glas gediend hebben, met de waarnemingen overeenstemmen, blijkt bovendien wanneer men den gang der beide thermometers boven 100° nagaat. Volgens de formule (f) moet boven 100° de kwikthermometer altijd hooger wijzen dan de luchtthermometer. Nu bevinden zich onder de proeven van Regnault een zeer groot aantal, die met de meeste zekerheid het omgekeerde aantoonen. Eenmaal zelfs werd waargenomen dat de kwikthermometer 0°,65 bij den luchtthermometer achterging.

Het komt mij voor, dat Regnault een te geringen dunk heeft van de nauwkeurigheid zijner waarnemingen, wanneer hij meent, dat zij niet kunnen dienen om een verschil tusschen de beide thermometers te ontdekken, dat niet minder dan 0°,30 bedragen kan. Zelfs schijnt het mij ter beoordeeling van de waarde, die aan de bepalingen van den bekwamen onderzoeker te hechten is, van het grootste belang, dat de oorzaak van het verschil van 0°,65 tusschen de rechtstreeksche waarneming en de algemeene uitkomst, die hij uit zijne proefnemingen afleidde, worde opgespoord.

Vermoedende, dat de oorzaak van het verschil tusschen waarneming en berekening, hetwelk wij zoo even opmerkten, kon gelegen zijn in de onvoldoende wijze, waarop uit de gegevens der proefnemingen de constanten der formulen werden afgeleid, besloot ik, alvorens met de verbeterde waarde van de ware uitzetting van kwik die van het glas te berekenen, de proeven over de schijnbare uitzetting van kwik eveneens aan eene nieuwe berekening te onderwerpen, welke alle waarnemingen van Regnault zou omvatten. Ik achtte het niet onwaarschijnlijk, dat daardoor eenige meerdere zekerheid zou kunnen worden verkregen omtrent den gang van den kwikthermometer tusschen 0° en 100° waarvan eene nauwkeurige kennis van groot belang mag geacht worden.

Bij deze berekening ben ik op de volgende wijze te werk gegaan.

Naardien de uitzettting van het glas slechts ongèveer $\frac{1}{8}$ bedraagt van die van het kwikzilver, zoo zal men eene eerste benadering van de schijnbare uitzetting van kwikzilver kunnen

verkrijgen, door aan te nemen, dat de kromme lijn die de schijnbare uitzetting bij verschillende temperaturen voorstelt, gelijkvormig is met die der ware uitzetting. Ik heb dus aanvankelijk aangenomen, dat voor de schijnbare uitzetting evenals voor de ware (*) de formule gold:

$$V_t = V_0 \, e^{\alpha' t}$$

waarin α' de coëfficient der schijnbare uitzetting bij verwarming van t tot $t + \delta t$ voorstelt.

De waarde van α' werd uit de gegevens van elke proef berekend. Bleek α' met de temperatuur niet merkbaar te veranderen, dan kon de onderstelde wet als juist worden aangenomen. Werd echter, gelijk inderdaad bij alle reeksen van waarnemingen het geval was, voor α' eene met de temperatuur regelmatig toenemende of afnemende waarde gevonden, dan werd beproefd of aan de verschillende voor α' verkregene waarden kon voldaan worden, door te stellen:

$$\alpha' = a + b\,t$$

Hiertoe werd het verschil van de waarden van α' bij 100° en bij eene hoogere temperatuur t gedeeld door $t - 100$. Viel nu in de dus verkregene waarde voor b eene geregelde opklimming of afdaling met de temperatuur op te merken, dan werd de formule:

$$\alpha' = a + b\,t + c\,t^2$$

te baat genomen en werden voor de coëfficienten a, b en c de waarden gezocht, die het best aan de waarneming voldeden.

In de vorige verhandeling is opgemerkt, dat de wet van de ware uitzetting van kwik bij verschillende temperaturen van den luchtthermometer, tusschen 0° en 280°, niet is overeen te brengen met de uitzettingen bij hoogere temperaturen, en het bleef onbeslist of dit aan eene snelle toeneming van de uitzetting van het kwik of aan de onzekerheid van de temperatuursbepaling met den luchtthermometer op zoo hoog gelegene punten der schaal was toe te schrijven. Het was te verwach-

(*) Zie de verhandeling: „Over de ware uitzetting van kwikzilver volgens de waarnemingen van REGNAULT."

ten dat ook bij de schijnbare uitzetting van kwikzilver, vergeleken bij die van de lucht in het reservoir van den luchtthermometer zich het zelfde verschijnsel zou voordoen. Ik heb daarom van de berekening de proefnemingen bij temperaturen hooger dan 280° uitgesloten. In het volgende overzicht der berekening zijn echter die proefnemingen mede opgenomen, om te doen zien in hoeverre zij aan de gevondene formulen voldoen.

Men vindt in de verhandeling van Regnault de vergelijking van den luchtthermometer met vier thermometers met kristallen omhulsel, met vijf thermometers van gewoon glas, met één thermometer van eene soort van groen glas, hetwelk voor scheikundige toestellen wordt gebruikt en met één thermometer van eene soort van zweedsch glas, hetwelk zich door zijne onsmeltbaarheid onderscheidt. Al deze werktuigen zijn gewichtsthermometers. De scheikundige samenstelling van het glas en zijne dichtheid vindt men in de verhandelingen van Regnault opgegeven. Voor elk dezer werktuigen werd eene afzonderlijke formule berekend. De thermometer van kristal n°. 1 en die van glas n°. 5 werden herhaaldelijk bij den luchtthermometer vergeleken; de eerste in vier, de tweede in drie verschillende reeksen van waarnemingen. Om beter overzicht te geven van de wijze waarop α' met de temperatuur verandert, vindt men de proefnemingen met deze thermometers verricht in de volgende tabellen gerangschikt naar de opklimmende temperaturen.

In de eerste kolom is het nommer en de aard van den thermometer aangeduid. De tweede bevat het nommer der proefneming en der serie, de derde de temperatuur van den luchtthermometer en de vierde de waargenomen uitzetting, door Regnault berekend uit het gewicht van het uitgevloeide kwik en dat van het kwik, hetwelk den thermometer bij 0° vulde. Twee dezer laatste getallen verschillen van die welke men in de tabellen van Regnault vindt, te weten die van de proef n°. 5 in de eerste serie van den thermometer n°. 1 en die van de proef n°. 1 van den thermometer n°. 2. De getallen namelijk voor de uitzetting in de verhandeling van Regnault opgegeven, zijn door drukfouten onnauwkeurig.

De vijfde kolom bevat de waarde van α' uit elke proefne-

ming afgeleid. In de zesde vindt men de waarde dezer grootheid berekend naar de formule van twee of drie termen, die het best aan de waarnemingen voldoet en in de zevende eindelijk het verschil tusschen de uitkomst van elke waarneming en de formule, berekend in graden van den luchtthermometer. Een positief verschil duidt aan, dat de waargenomene uitzetting kleiner is dan de berekende.

SCHIJNBARE UITZETTING VAN KWIKZILVER

IN DE GEWICHTSTHERMOMETERS VAN REGNAULT.

Thermometer van kristal Choisy-le-Roy.

TABEL I.

Aard en nommer van den thermometer.	Serie en nommer der proef.	Temperatuur van den lucht-thermometer.	Schijnbare uitzetting van kwik.	Waarde van a' berekend uit de proef.	Waarde van a' berekend uit de formule.	Verschil in graden van den luchtthermometer.
N°. 1.	Serie I n°. 1	99°,39	0,015876	0,00015849	0,00015844	— 0°,03
	II „ 1	99°,78	0,015927	15847	15844	— 0°,02
Getrokken	III „ 1	99°,76	0,05933	15846	15844	— 0°,01
kristallen buis.	IV „ 1	99°,92	0,05957	15844	15144	0°,00
Inhoud 327 gr.	III „ 2	111°,92	0,017850	15809	15845	+ 0°,29
kwik.	I „ 2	124°,97	0,020031	15871	15846	— 0°,20
	II „ 2	141°,77	0,022634	15788	15847	+ 0°,63
	I „ 3	142°,21	0,022799	15852	15847	— 0°,05
	III „ 3	148°,94	0,023844	15822	15848	+ 0°,24
	I „ 4	180°,09	0,028961	15853	15850	— 0°,04
	IV „ 2	185°,11	0,029712	15117	15851	+ 0°,42
	II „ 3	185°,64	0,029809	15824	15851	+ 0°,31
	II „ 4	209°,48	0,033717	15831	15853	+ 0°,30
	IV „ 3	210°,69	0,033890	15820	15853	+ 0°,30
	I „ 5	225°,48	0,036407	15850	15854	+ 0°,06
	II „ 5	228°,88	0,036918	15839	15854	+ 0°,17
	IV „ 4	241°,37	0,038975	15841	15855	+ 0°,21
	IV „ 5	267°,35	0,043339	15869	15857	— 0°,20
	II „ 6	277°,41	0,044994	15866	15858	— 0°,14
	I „ 6	289°,19	0,047062	15904	15859	— 0°,85*
	IV „ 6	298°,78	0,048604	15885	15860	— 0°,47*
	IV „ 7	322°,80	0,052745	15887	15862	— 0°,52*
	II „ 7	325°,30	0,053276	0,00015956	0,00015862	— 1°,97*
N°. 2.	N°. 1	99°,70	0,015626	0,00015554	0,00015554	0°,00
	„ 2	178°,07	0,028116	15572	15562	— 0°,11
Geblazen	„ 3	226°,83	0,035926	15561	15566	+ 0°,07
kristallen bol.	„ 4	2[illegible]9°,17	0,037952	15577	15567	— 0°,14
Inh. 461 gr. kwik.	„ 5	281°,07	0,044741	15572	15572	0°,00*
	„ 6	339°,68	0,054692	0,00015672	0,00015578	— 2°,07*
N°. 3.	„ 1	100°,15	0,015809	0,00015662	0,00015661	0°,00
Onregelmatige	„ 2	170°,61	0,027119	15684	15684	0°,00
herhaaldelijk ver-	„ 3	218°,40	0,034878	15698	15698	0°,00
hitte geblazen	„ 4	289°,79	0,046669	15740	15724	— 0°,30*
kristallen cilinder.	„ 5	334°,50	0,054252	0,00015794	0,00015738	— 0°,17*
Inh. 201 gr. kwik.						
N°. 4.	„ 1	99°,84	0,015819	0,00015721	0,00015721	0°,00
Kristallen ballon	„ 2	145°,92	0,023199	15717	15716	— 0°,01
met dikke wanden	„ 3	169°,67	0,027019	15713	15714	+ 0°,01
(3 tot 4 millime-	„ 4	196°,41	0,031852	15718	15711	— 0°,09
ters).	„ 5	235°,62	0,037700	15706	15708	+ 0°,03
Inhoud	„ 6	282°,29	0,045307	15697	15703	+ 0°,11*
1230 gr. kwik.	„ 7	331°,56	0,053413	0,00015694	0,00015698	+ 0°,08*

SCHIJNBARE UITZETTING VAN KWIKZILVER

IN DE GEWICHTSTHERMOMETERS VAN REGNAULT.

Thermometers van gewoon glas.

TABEL II.

Aard en nommer van den thermometer.	Serie en nommer der proef.	Temperatuur van den lucht-thermometer.	Schijnbare uitzetting van het kwik.	Waarde van a' berekend uit de proef.	Waarde van a' berekend uit de formule.	Verschil in graden van den luchtther-mometer.
N°. 5.	Serie I n°. 1	99°,78	0,015365	0,00015282	0,00015280	— 0,01
	II ″ 1	99°,78	0,015362	15279	15280	+ 0,01
Glazen buis	III ″ 1	99°,92	0,015392	15286	15279	— 0,04
van 12 tot 14	II ″ 2	111°,92	0,017194	15232	15259	+ 0,19
millimeters door-	I ″ 2	141°,75	0,021805	15215	15215	0,00
snede en 3/4 milli-	II ″ 3	148°,94	0,022901	15203	15206	+ 0,03
meter wanddikte.	III ″ 2	185°,11	0,028444	15152	15166	+ 0,17
Inhoud	I ″ 3	185°,66	0,028536	15154	15168	+ 0,12
243 gr. kwik.	I ″ 4	209°,45	0,032223	15142	15141	— 0,01
	III ″ 3	210°,69	0,032411	15140	15140	0,00
	I ″ 5	228°,87	0,035237	15131	15127	— 0,06
	III ″ 4	241°,37	0,037172	15121	15119	— 0,03
	III ″ 5	267°,35	0,041248	15109	15108	— 0,02
	I ″ 6	277°,42	0,042788	15102	15105	+ 0,05
	III ″ 6	298°,78	0,046190	15114	15099	— 0,28
	III ″ 7	322°,80	0,050001	15115	15099	— 0,32
	I ″ 7	325°,40	0,050479	0,00015134	0,00015100	— 0,71
N°. 6.	″ 1	99°,78	0,015392	0,00015309	0,00015305	0,00
	″ 2	111°,49	0,017153	15256	15282	+ 0,18
Als n°. 5 ongeveer	″ 3	173°,84	0,026784	15191	15187	— 0,00
dubbele wand-	″ 4	234°,71	0,036159	15134	15135	+ 0,01
dikte.	″ 5	252°,19	0,038897	15131	15128	— 0,05
Inh. 219 gr. kwik.	″ 6	291°,88	0,045136	15125	15124	— 0,02
	″ 7	307°,58	0,047641	15131	15127	— 0,08
	″ 8	325°,56	0,050590	0,00015159	0,00015133	— 0,55
N°. 7.	″ 1	99°,77	0,015646	0,00015561	0,00015561	0,00
	″ 2	130°,86	0,020496	15504	15512	+ 0,06
Glazen buizen.	″ 3	181°,84	0,028499	15453	15451	— 0,02
Inh. 815 gr. kwik	″ 4	236°,09	0,037068	15417	15415	— 0,03
	″ 5	307°,62	0,048646	0,00015441	0,00015413	— 0,54
N°. 8.	″ 1	100°,24	0,015529	0,00015373	0,00015373	0,00
Glazen bol	″ 2	145°,92	0,022632	15348	15335	— 0,12
geblazen aan	″ 3	169°,67	0,026331	15318	15318	0,00
eene capillaire	″ 4	196°,41	0,030486	15291	15294	+ 0,04
buis.	″ 5	235°,62	0,036606	15258	15258	0,00
Inh. 360 gr. kwik.	″ 6	282°,29	0,043904	15221	15209	— 0,21
	″ 7	331°,56	0,051647	0,00015188	0,00015154	— 0,71
N°. 9.	″ 1	100°,24	0,015390	0,00015236	0,00015236	0,00
	″ 2	145°,92	0,022430	15183	15185	+ 0,03
Als n°. 8.	″ 3	169°,67	0,026061	15163	15163	0,00
Inh. 287 gr. kwik	″ 4	196°,41	0,030181	15140	15136	0,05
	″ 5	235°,62	0,036215	15098	15098	0,00
	″ 6	282°,29	0,043423	15058	15053	— 0,09
	″ 7	331°,56	0,051070	0,00015027	0,00015007	— 0,42

SCHIJNBARE UITZETTING VAN KWIKZILVER

IN DE GEWICHTSTHERMOMETERS VAN REGNAULT.

Thermometer van groen en van zweedsch glas.

Aard en nommer van den Thermometer.	Nommer der proef.	Temperatuur van den lucht-thermometer.	Schijnbare uitzetting van het kwik.	Waarde van a' berekend uit de proef.	Waarde van a' berekend uit de formule.	Verschil in graden van den luchtthermometer.
N°. 10.	N°.1	99°,47	0,015705	0,00015666	0,00015754	+ 0°,58
Buis van groen	〃 2	124°,97	0,019839	15719	15719	0,00
glas.	〃 3	142°,21	0,022573	15697	15697	0,00
Inhoud	〃 4	180°,09	0,028592	15654	15654	0,00
291 gr. kwik.	〃 5	225°,48	0,035809	15614	15614	0,00
	〃 6	289°,19	0,046183	0,00015644	0,00015579	— 1,23*
N°. 11.	〃 1	99°,87	0,015587	0,00015502	0,00015502	0,00
Buis van	〃 2	111°,49	0,017378	15452	15476	+ 0,17
Zweedsch glas.	〃 3	173°,84	0,027185	15394	15394	0,00
Inh. 221 gr. kwik.	〃 4	234°,71	0,036828	15409	15409	0,00
	〃 5	252°,19	0,039624	0,00015413	0,00015426	+ 0,20*

Wanneer men de waarden van α' voor den kristallen thermometer n°. 1 tusschen 99°,39 en 277°,48 overziet, dan blijkt het dat daarin geene geregelde opklimming of afdaling duidelijk in het oog valt. Berekent men intusschen naar de methode der kleinste kwadraten de waarschijnlijkste waarde van de coëfficienten der formule

$$\alpha' = a + bt$$

dan vindt men voor b nog eene geringe positieve waarde.

Eene toeneming van α' met de temperatunr valt duidelijk in het oog bij de kristallen thermometers n°. 2 en n°. 3, eene geringe afneming daarentegen bij n°. 4.

De thermometers van gewoon glas, in de tweede tabel opgenomen, onderscheiden zich in zeer opmerkelijke wijze van die met reservoir van kristal. Bij allen neemt de waarde van α' zeer merkbaar af met klimmende temperatuur. Bij de thermometers n°. 5, 6 en 7 valt het zelfs duidelijk in het oog, dat de vermindering van α' in het begin zeer snel geschiedt en bij de hoogere temperaturen allengs vertraagt. De waarde van den coëfficient b in de formule $\alpha' = a + bt$ blijkt derhalve met de temperatuur te veranderen. Om aan de waarnemingen te voldoen moet dus eene formule van drie termen

$$\alpha' = a + bt + ct^2$$

worden aangenomen. Hetzelfde valt op te merken van den thermometer van zweedsch glas n°. 11 (Tabel III). Bij den thermometer n°. 10 wordt de geregelde gang verstoord door eene zeer aanmerkelijke onregelmatigheid in de uitzetting bij 99°,47, die eene fout in de waarneming doet vermoeden.

De formulen voor de waarden van α welke uit deze waarnemingen zijn afgeleid, zijn de volgende:

Thermometers van kristal Choisy-le-Roy.

N°. 1 $\alpha' = 10^{-8} \{15836 + 0,08\, t\}$
〃 2 $\alpha' = 10^{-8} \{15544 + 0,10\, t\}$
〃 3 $\alpha' = 10^{-8} \{15628 + 0,33\, t\}$
〃 4 $\alpha' = 10^{-8} \{15731 - 0,10\, t\}$

Thermometers van gewoon glas.

N°. 5 $\alpha' = 10^{-8} \{15489 - 2,50\, t + 0,0040\, t^2\}$
〃 6 $\alpha' = 10^{-8} \{15560 - 3,10\, t + 0,0055\, t^2\}$
〃 7 $\alpha' = 10^{-8} \{85786 - 2,75\, t + 0,0050\, t^2\}$
〃 8 $\alpha' = 10^{-8} \{15434 - 0,51\, t - 0,00101\, t^2\}$
〃 9 $\alpha' = 10^{-8} \{15346 - 1,15\, t + 0,000317\, t^2\}$

Thermometer van groen glas.

〃 10 $\alpha' = 10^{-8} \{15936 - 2,12 + 0,0030\, t^2\}$

Thermometer van Zweedsch glas.

〃 11 $\alpha' = 10^{-8} \{15859 - 4,79 + 0,00122\, t^2\}$

Het verschil van de kristallen thermometers met al de overigen valt duidelijk in het oog. Bij de eersten verandert de waarde van a' slechts zeer langzaam met de temperatuur, bij allen neemt zij een weinig toe, met uitzondering van n° 4. Bij alle andere thermometers heeft de coëfficient b eene veel meer belangrijke waarde en is zij zonder uitzondering negatief. Opmerkelijk is de overeenstemming in den gang van de thermometers n° 5, 6, 7 en 10. De thermometer van zweedsch glas n° 11 onderscheidt zich door het hooge bedrag der coëfficienten b en c.

Welk vertrouwen verdienen nu de verkregene formulen?

De laatste kolom der tabellen doet zien in hoeverre de formulen aan de waarnemingen beantwoorden. Wanneer men de proeven bij temperaturen hooger dan 290°, die in de laatste kolom met een sterretje gemerkt zijn, uitzondert, bespeurt men over het algemeen slechts zeer geringe verschillen, waarin ook geen geregelde gang is te erkennen. De grootste afwijkingen vindt men bij den kristallen thermometer n° 1. Ik meen dit te moeten toeschrijven aan eene verandering van het nulpunt van dezen thermometer gedurende de verhitting. De thermometers van gewoon glas schijnen in dit opzicht veel beter te voldoen. De buitengewone nauwkeurigheid, waarmede de drie onderscheidene reeksen van proeven van den thermomete n° 5 aan dezelfde wet voldoen, toont aan dat de gang van dezen thermometer zeer standvastig is.

De waarnemingen bij temperaturen boven 280° toonen bijna allen belangrijke afwijkingen met de formule en wel juist in den zin, waarin de afwijking bij de ware uitzetting van kwik werd opgemerkt. Zij doen namelijk eene te sterke uitzetting kennen. Dit blijkt het duidelijkst bij de thermometers van kristal n° 1, 2 en 4. Voor deze thermometers is a' bijna standvastig, zoodat hunne formulen bijna overeenstemmen met die voor de ware uitzetting van kwik, hetgeen aantoont, dat de uitzetting van het omhulsel slechts geringen invloed heeft op den gang der uitzetting. Onder de kristallen thermometers schijnt alleen n° 4 eene anderen gang te vertoonen. Deze uitzondering is echter slechts schijnbaar. De thermometers n° 4 n° 8 en n° 9 werden namelijk door Regnault niet bij den

luchtthermometer maar bij den thermometer n° 1 vergeleken. Om de temperaturen van dezen laatsten tot die van den luchtthermometer te herleiden, heb ik de formule van den thermometer n° 1 gebezigd. Dit is de oorzaak, waarom de temperaturen in de derde kolom voor deze thermometers niet overeenstemmen met die, welke men in de verhandeling van REGNAULT vindt opgegeven. Nu zullen, naar deze formule berekend, de temperaturen boven 280° voor den thermometer n° 1 te hoog zijn, zoodat de invloed van eene te sterke schijnbare uitzetting in de thermometers n° 4, 8 en 9 daardoor wordt opgeheven. Het verdient opmerking dat de thermometer n° 4, onder die van kristal, en de thermometers n° 8 en 9, onder die van glas, zich onderscheiden door afwijkende waarden der coëfficienten b en c. Zeer waarschijnlijk is de herleiding van de temperatuur des thermometers n° 1 tot die van den luchtthermometer nog niet geheel juist en heeft de thermometer n° 1 hier weder een anderen gang gehad, dan bij de proeven in de eerste tabel opgeteekend. De onzekerheid, waarin men dienaangaande verkeert, neemt veel van de waarde der formulen voor de thermometers n° 4, 8 en 9 weg; wij zullen ons daarom in het vervolg alleen met die thermometers bezig houden, welke regtstreeks met den luchtthermometer zijn vergeleken.

De thermometers van glas, bij welke de invloed van de uitzetting van het omhulsel de gedaante der uitzettingskromme geheel doet verschillen van die der ware uitzetting van kwik, geven over het algemeen veel geringere verschillen van waarneming en berekening bij temperaturen boven 280°.

Kan, blijkens het voorgaande, de overeenstemming van de formulen met de waarneming bevredigend worden genoemd, men zou kunnen vreezen, dat eenige standvastige fout bij de waarnemingen kon begaan zijn. Ofschoon hieromtrent geene volstrekte zekerheid te geven is, zoo meen ik toch te moeten opmerken, dat het kenmerkende verschil, hetwelk er bestaat tusschen de formulen voor den coëfficient van a' bij de thermometers van kristal en de formulen, welke voor de overige thermometers gelden, moeilijk aan eene standvastige fout kan worden toegeschreven. De metingen toch, waardoor de uitzetting Δ'_t bepaald wordt, zijn voor beide thermometers dezelfde; er is geen reden om aan te nemen waarom

men bij het wegen der uitgevloeide hoeveelheid kwik bij de kristallen thermometers standvastig aan andere fouten zou blootstaan dan bij de glazen. De eenige standvastige fout die, voor zoover men dit uit de beschrijving der proefnemingen kan opmaken, kan begaan zijn, zou moeten gelegen zijn in de meting der temperatuur met den luchtthermometer. Eene fout in de bepaling van de constante der luchtthermometers, hetzij bij de proeven met de kristallen, hetzij bij die met de glazen thermometers zou een gevonden verschil in de formulen voor a' kunnen verklaren. Doch deze omstandigheid heeft zich bij de proeven van REGNAULT niet kunnen voordoen. Uit de vergelijking toch der temperaturen in de derde kolom opgegeven, blijkt dat de thermometers nº 1 en nº 5 in hetzelfde oliebad met denzelfden luchtthermometer vergeleken werden, te weten nº 1 in Serie II en nº 5 in Serie I. nº 1 in Serie III en nº 5 in Serie II, nº 1 in Serie IV en nº 5 in Serie III.

Men kan dus het kenmerkende verschil van de coëfficienten a' in de twee soorten van thermometers als wel bewezen beschouwen. Zien wij thans, welke gevolgtrekkingen daaruit zijn af te leiden.

Hiertoe heb ik de uitdrukking $e^{\alpha t}$ voor elken thermometer in eene reeks ontwikkeld naar de opklimmende machten van t, zoodat de uitzetting Δ'_t dan verkregen wordt in eene formule van drie termen, naardien bij alle thermometers de waarnemingen niet veroorloven den coëfficient van den vierden term met eenige zekerheid te berekenen.

Deze formulen zijn de volgenden:

Thermometers van kristal Choisy-le-Roy.

Therm. Nº 1. $\Delta'_t = 10^{-8} \{15836\,t + 6{,}33\,t^2 + 0{,}00008\,t^3\}$

″ ″ 2. $\Delta'_t = 10^{-8} \{15545\,t + 1{,}31\,t^2 + 0{,}00007\,t^3\}$

″ ″ 3. $\Delta'_t = 10^{-8} \{15628\,t + 1{,}55\,t^2 + 0{,}00011\,t^3\}$

Thermometers van gewoon glas.

Therm. Nº 5. $\Delta'_t = 10^{-8} \{15489\,t - 1{,}30\,t + 0{,}0037\,t^3\}$

″ ″ 6. $\Delta'_t = 10^{-8} \{15560\,t - 1{,}82\,t^2 + 0{,}0051\,t^3\}$

″ ″ 7. $\Delta'_t = 10^{-8} \{15786\,t - 1{,}51\,t^2 + 0{,}0046\,t^3\}$

Thermometer van groen glas.

Therm. N° 10. $\Delta'_t = 10^{-8} \{15936\,t - 0,86\,t^2 + 0,0037\,t^3\}$

Thermometer van zweedsch glas.

Therm. N° 11. $\Delta'_t = 10^{-8} \{15858\,t - 3,54\,t^2 + 0,0115\,t^3\}$

Voor het verschil van den kwikthermometer en den luchtthermometer vonden wij hier boven (form *e*):

$$T - t = t\,(t - 100)\,\frac{\frac{b}{a} + \frac{c}{a}\,(t + 100)}{1 + \frac{b}{a}\,100 + \frac{c}{a}\,100^2}$$

Uit deze formule blijkt dat het verschil $T - t$ nul wordt voor de beide vaste punten $t = 0$ en $t = 100$ en voor eene andere temperatuur, welke bepaald wordt door de voorwaarde:

$$b = -c\,(t + 100)$$

of

$$100 + t = -\frac{b}{c}$$

Verschillen dus de coëfficienten b en c van teeken, dan kan er boven 0° een punt op de thermometerschaal zijn, bij hetwelk de beide werktuigen dezelfde temperatuur aanduiden. Dit geval doet zich voor bij al de glazen thermometers n° 5, 6, 7, 10 en 11. De temperatuur, waarbij de kwikthermometer en de luchtthermometer gelijk gaan, is voor

Therm.	n°	5	251°
"	"	6	278°
"	"	7	228°
"	"	10	132°
"	"	11	208°.

Tusschen deze temperaturen en 100° moeten de thermometers lager wijzen dan de luchtthermometers.

Vergelijken wij deze uitkomst met de proeven van Regnault. Al de thermometers n° 6 tot n° 9 beginnen volgens de waar-

nemingen, op bladz. 216—224, wanneer zij boven 100° verwarmd worden, achter te gaan bij den luchtthermometer. Bij hoogere temperaturen neemt het verschil af, en eindelijk, op een zeker punt der schaal, verandert het van teeken. Dit punt is gelegen

voor thermometer n° 5:

volgens de waarnemingen der eerste Serie tusschen 229° en 277,
" " " " derde " " 241° en 277.

Voor thermometer n° 6:

tusschen 234° en 392°, bij 252° werd intusschen reeds een positief verschil van 0°,03 waargenomen.

Voor thermometer n° 7:

tusschen 182° en 236°, de *thermometer n°* 10 wijst volgens de waarnemingen steeds hooger dan de luchtthermometer. Het verschil van deze uitkomst met die van onze formule moet worden toegeschreven aan de zeer belangrijke fout welke de uitzetting bij 99°,47 vertoont.

De *thermometer n°*. 11 wijst volgens de waarnemingen van Regnault aanvankelijk lager, doch reeds bij 174° hooger dan de luchtthermometer.

Het blijkt dus, dat de waarde van den coëfficient van den derden term nog met voldoende zekerheid kan bepaald worden om rekenschap te geven van de verandering van teeken, welke het verschil T—t boven 100° bij de thermometers ondergaat. Voor de thermometers n° 5, 6 en 7 kan zelfs het punt der schaal, waar dit geschiedt, met vrij groote scherpte worden aangeduid. Dit nu is met de formulen van Regnault geenszins het geval.

In de formule (d), welke Regnault aannam voor de schijnbare uitzetting van kwik in gewoon glas, is de tweede term positief en ontbreekt de derde. Zij kan dus geen rekenschap geven van de verandering van teeken, die het verschil T—t bij de thermometers van glas boven 100° ondergaat.

Onderzoeken wij thans, in hoeverre onze formulen den gang der thermometers tusschen 0° en 100° kunnen bepalen. Eene vergelijking met de regtstreeksche proeven is hier te meer noodig, omdat de formulen slechts uit proeven bij temperaturen boven 100° zijn afgeleid.

Voor temperaturen tusschen 0° en 100° kan men eenvoudig stellen:

$$T - t = \frac{b}{a}\, t\, (100 - t).$$

Hieruit volgt terstond, dat de teekens der coëfficienten a en b bepalen, welk der beide werktuigen hooger wijst. Zijn de teekens van a en b gelijk, dan wijst de kwikthermometer te laag; zijn zij ongelijk dan wijst de kwikthermometer te hoog.

Volgens onze formulen heeft het eerste geval plaats bij thermometers met kristallen omhulsel, het tweede bij thermometers met glazen omhulsel. *Tusschen 0° en 100° wijzen alzoo de kristallen thermometers te laag, de glazen thermometers te hoog.* Het grootste verschil, hetwelk zich bij 50° voordoet, is voor

therm.	n° 1.	$T - t$	=	— 0°,21
	〃 2.	〃	=	— 0°,21
	〃 3.	〃	=	— 0°,25
	〃 5.	〃	=	+ 0°,21
	〃 6.	〃	=	+ 0°,30
	〃 7.	〃	=	+ 0°,24
	〃 10.	〃	=	+ 0°,14
	〃 11.	〃	=	+ 0°,56

Deze getallen doen de tegenstrijdigheid verdwijnen tusschen de formulen afgeleid uit de waarnemingen bij temperaturen boven 100° en de regtstreeksche vergelijking van den kwikthermometer tusschen 0° en 100°. Bij deze laatste proeven, welke men in de tabel tegenover blz. 226 in de verhandeling van Regnault vindt opgeteekend, gebruikt Regnault namelijk thermometers *van gewoon glas.* Uit zijne waarnemingen vindt men voor de waarde van $T - t$ bij 50° gemiddeld:

1e	Serie	+	0°,25
2e	〃	+	0°,25
3e	〃	+	0°,19

Er is dus eene zeer voldoende overeenstemming tusschen de berekening uit de proeven boven 100° en de regtstreeksche waarnemingen tusschen 0° en 100° en het blijkt, dat de proe-

ven van REGNAULT wel degelijk naauwkeurig genoeg zijn, om het verschil van den kwikthermometer tusschen 0° en 100° aan te toonen en te bepalen.

Eene regtstreeksche vergelijking van den kristallen kwikthermometer voor temperaturen tusschen 0° en 100° is niet geschied. Men vindt echter in de verhandeling van REGNAULT over de spankrachten van waterdamp op blz. 562 en volgg. eene reeks van gelijktijdige temperatuursbepalingen verricht met twee kwikthermometers van kristalglas en met een luchtthermometer. Deze reeks omvat een groot aantal temperaturen tusschen 100° en 170° voor welke, zooals wij hierboven opmerkten, alle thermometers van gewoon glas zoowel volgens de regtstreeksche waarnemingen als volgens de formulen lager wijzen dan de luchtthermometers en de thermometers van kristal daarentegen hooger wijzen dan de luchtthermometer. Uit de zooeven vermelde waarnemingen nu blijkt ten duidelijkst, dat dit laatste werkelijk het geval is geweest. Naardien bij deze temperaturen de invloed van den coëfficient c van den derden term, nauwelijks merkbaar is, zoo kan ook uit deze waarnemingen worden afgeleid dat de coëfficienten a en b van de formule voor de schijnbare uitzetting van kwik in kristal Choisy-le-Roy beiden positief zijn.

Ik meen met eenigen nadruk de aandacht der natuurkundigen te moeten vestigen op het verschil in gang dat kwikthermometers uit verschillende soorten van glas, blijkens de voorgaande beschouwingen, vertoonen kunnen. Bij 50° wijzen sommige thermometers ruim 0°,2 te laag, andere (therm. n° 6) 0°,3 te hoog. Hieruit volgt dat *twee thermometers, welke naar de gewone regelen zijn vervaardigd, waarvan de sielen nauwkeurig zijn gecalibreerd, en waarop de vaste punten met de meeste zorg zijn aangeteekend, tusschen* 0° *en* 100° *een halven graad der honderddeelige schaal kunnen uiteenloopen.* De onzekerheid, waarin men zoodoende verkeert, kan niet alleen de waarde van zorgvuldige absolute temperatuursbepalingen aanmerkelijk benadeelen ; ook in vele andere gevallen moet zij het vertrouwen in de juistheid van sommige getalwaarden, door de natuurkundigen vastgesteld, verzwakken. In een thermometer van kristal hebben de graadverdeelingen tusschen 50° en 100° eene kleinere waarde dan die

tusschen 0° en 50°, bij een thermometer van gewoon glas heeft het omgekeerde plaats. Op de metingen van soortelijke en latente warmte kan dit verschil een invloed hebben, die niet is te verwaarloozen. De damp die gecondenseerd, of het lichaam, dat in den watercalorimeter afgekoeld wordt, doorloopt de temperatuurgraden, welke in den kristalthermometer de kleinste waarde hebben, het water van den calorimeter daarentegen ondergaat eene temperatuursverhooging, die met eene te groote maat gemeten wordt. Een enkel voorbeeld zal voldoende zijn om te doen zien, dat de fout die hieruit kan voorvloeijen niet onbelangrijk is. Hiertoe kan ons de bepaling dienen van de hoeveelheid warmte, die een kilogram stoom van 100° bij zijn overgang tot water van 0° afstaat, Ik heb daartoe berekend welke verbetering het getal 636, door Regnault voor stoom van één atmosfeer gevonden, zou behooren te ondergaan, wanneer men de uitkomst wil zuiveren vau de afwijking van den kwikthermometer tusschen 0° en 100°, en wel in de onderstelling dat de thermometer van den calorimeter achtereenvolgens geweest ware de thermometer n° 1, 2, 3, 5, 6 of 7.

Deze verbeteringen zouden bedragen voor:

therm. n° 1	+	3,43	caloriën
〃 2	+	3,36	〃
〃 3	+	3,96	〃
〃 5	—	3,35	〃
〃 6	—	5,79	〃
〃 7	—	3,80	〃

Was dus niet opgegeven, uit welke glassoort het omhulsel van den thermometer bestond, dan zou omtrent het bedrag der gezochte warmtehoeveelheid eene onzekerheid van bijna 10 caloriën bestaan.

Het schijnt mij voor nauwkeurige temperatuursbepalingen en calorimetrische proeven noodzakelijk dat men vooraf onderzoeke, tot welke der beide typen van kwikthermometers het werktuig, dat men bezigen wil, behoort, tot die der kristallen of die der glazen thermometers, en dat men door eene proef uitmake, hoeveel het bedrag van het verschil T—*t* zijn kan. Het zou

daartoe voldoende zijn te bepalen hoeveel de kwikthermometer bij 50° met den luchtthermometer verschilt. Noemt men namelijk ε dit verschil, dan is de verbetering e bij de temperatuur t:

$$e = \frac{t(100 - t)}{2500}\varepsilon.$$

Naardien Regnault bij zijne onderzoekingen steeds gebruik maakte van kristallen thermometers, moet het door hem gevonden getal voor de latente warmte van stoom van 100° waarschijnlijk met ongeveer 3 caloriën verhoogd worden.

Substitueert men in de form. (a)

$$1 + \Delta_t = (1 + \Delta'_t)(1 + \delta t)$$

$$e^{at} \text{ voor } 1 + \Delta_t \text{ en } e^{a't} \text{ voor } 1 + \Delta'_t$$

dan vindt men

$$1 + \delta t = e^{(a - a')t} = e^{\beta t}$$

Uit de waarden voor a en a'_t verkregen door de onderzoekin- over de ware en schijnbare uitzetting van kwikzilver kan dus door eenvoudige aftrekking de coëfficient β voor de uitzetting van glas gevonden worden.

Ontwikkelt men dan $e^{\beta t}$ in eene reeks, dan verkrijgt men voor $e^{\beta t} - 1 = \delta t$ de volgende waarden:

Kristal Choisy-le-Roy.

Therm. n° 1. $\delta t = 10^{-8} \{2231\,t - 0{,}05\,t^2\}$

" 2. $\delta t = 10^{-8} \{2523\,t - 0{,}07\,t^2\}$

" 3. $\delta t = 10^{-8} \{2439\,t - 0{,}30\,t^2\}$

Gewoon glas.

Therm. n° 5. $\delta t = 10^{-8} \{2578\,t + 1{,}33\,t^2 - 0{,}0037\,t^3\}$

" 6. $\delta t = 10^{-8} \{2507\,t + 1{,}92\,t^2 - 0{,}0041\,t^3\}$

" 7. $\delta t = 10^{-8} \{2281\,t + 1{,}54\,t^2 - 0{,}0046\,t^3\}$

Groen glas.

Therm. n° 10. $\delta t = 10^{-8} \{2143\,t + 0{,}89\,t^2 - 0{,}0337\,t^2\}$

Zweedsch glas.

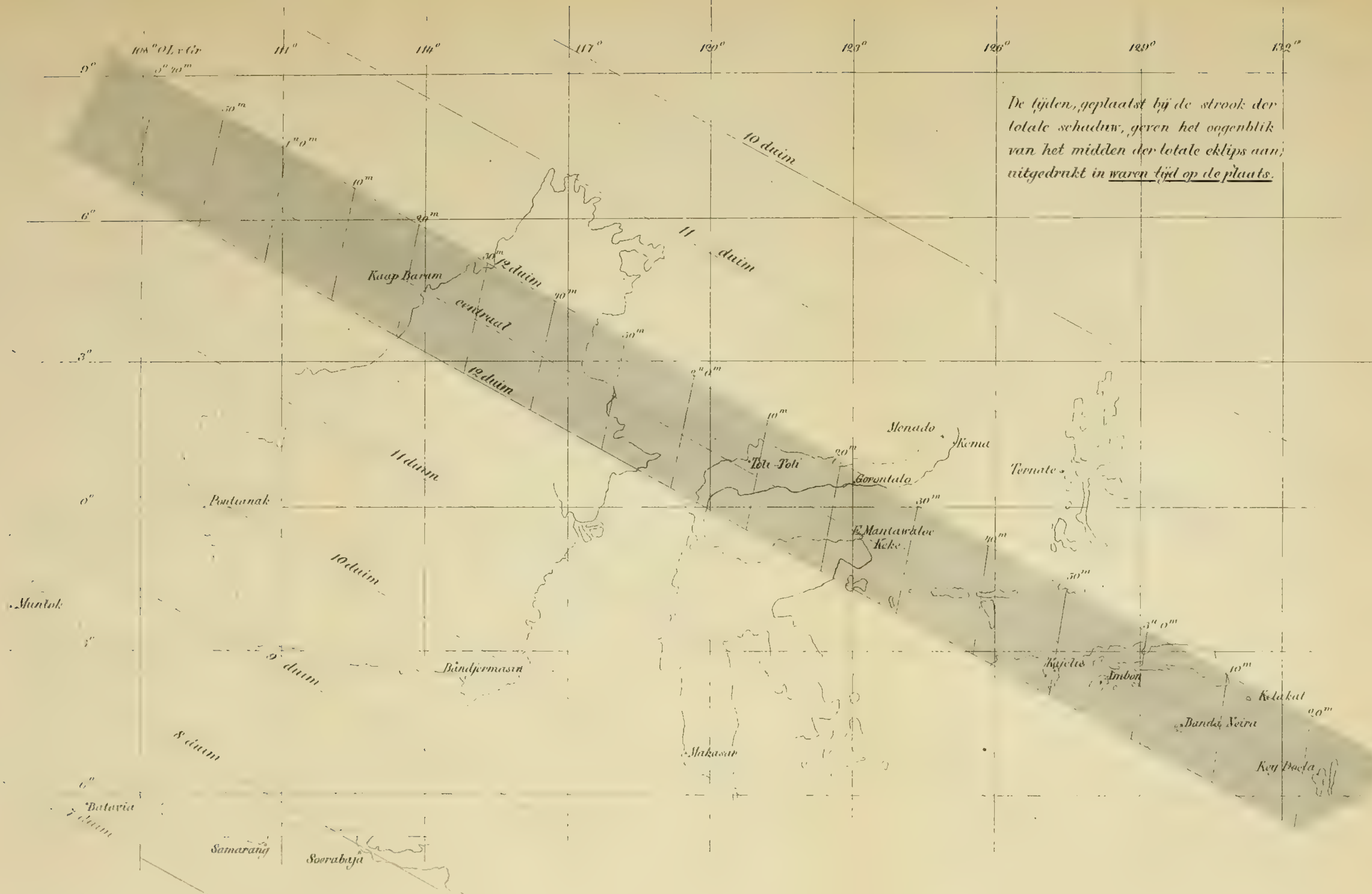
Therm. n° 11. $\delta t = 10^{-8} \{2218\,t + 3{,}57\,t^2 - 0{,}0115\,t^3\}$

Zooals te verwachten was, blijkt uit deze formulen, dat er zeer belangrijke verschillen bestaan in de uitzettingen van verschillende glassoorten, en zelfs in die van reservoirs van dezelfde glassoort, welke op verschillende wijzen zijn bewerkt. Zoo vindt men voor de vermeerdering van de eenheid van volume bij gewoon glas tusschen 0° en 100° :

voor den thermometer n° 5. 0,002674

〃 〃 〃 〃 7. 0,002389

Het is duidelijk, dat bij zulke afwijkingen eene algemeene formule voor de uitzetting van gewoon glas of eene tabel, waarin die uitzetting bij verschillende temperaturen wordt aangeduid, weinig waarde heeft. Bij nauwkeurige onderzoekingen behoort de uitzetting van het glazen reservoir, dat men bezigt, steeds in elk bijzonder geval te worden bepaald.



WEG VAN DE TOTALE SCHADUW DER MAAN TIJDENS DE TOTALE ZONEKLIPS VAN 18 AUGUSTUS 1868.

BERICHT OVER DE

WAARNEMING VAN DE TOTALE ZONEKLIPS

op 18 Augustus 1868,

OP VIER PLAATSEN IN DEN IND. ARCHIPEL.

DOOR DEN HEER

J. A. C. OUDEMANS.

Op mijne laatste dienstreis met Z. M. Stoomschip Sumatra, kommandant de luitenant ter zee 1e klasse A. DRONKERS, ben ik door de Regering in de gelegenheid gesteld geworden, deze belangrijke eklips waar te nemen.

Alvorens een punt uit te kiezen waar ik zou voorstellen de waarneming te doen, teekende ik op eene kaart van den Indischen Archipel de strook af, die de totale schaduw der maan zoude doorloopen. Een dergelijk kaartje is bij dit verslag gevoegd, zie Plaat I.

Ik heb er ook aangegeven de lijnen waarop alle punten gelegen waren, waarvoor de eklips de grootte van 11 duim, 10 duim enz. zoude bereiken.

Ik vormde eerst het plan — dat door den kommandant der Zeemacht werd goedgekeurd — de eklips in de baai van Tolitoli waar te nemen. In de maand Juli nogthans heeft de Sumatra aldaar tweemaal kolen geladen, en toen was het daar telkens ongunstig weder. Op de toppen der heuvels, waardoor de baai omringd is, verzamelden zich elken morgen te 10 à 11 uur zware wolken, die zich over de geheele baai verbreidden en zich meestal in den namiddag in eene regenbui ontlastten. Volgens informatie bij den posthouder is het klimaat gedurende

den geheelen oostmoesson hetzelfde, en daar de eklips aldaar ten 2 uur des namiddags zou plaats hebben, besloot ik een ander punt te kiezen.

De noordwestelijker, tusschen Borneo en Celebes gelegene eilanden, waarvan ik reeds eenige bezocht en bepaald had, kwamen mij ook niet geschikt voor, wegens de (volgens sommige berichten) in dat vaarwater in de maand Augustus heerschende regens, evenmin als meer zuidelijk gelegene, Ambon, Banda en Saparoea, die ook den naam hebben in den Oostmoesson rijkelijk met regens en bewolkte luchten bedeeld te zijn.

Zoover ik later bericht van deze plaatsen gekregen heb, is het overal, zoowel te Toli-toli als te Ambon enz., uitstekend helder weder geweest, zoodat het wel te bejammeren is dat de vreemde expedities, die, volgens de nieuwsbladen, in Britsch Indië door het weder zijn teleurgesteld — waarvoor ook eenige vrees bestond — zich niet naar den Molukschen Archipel begeven hebben.

Te Gorontalo zou de eklips wel is waar totaal zijn, doch deze plaats lag bijna op de grens der kernschaduw, zoodat de duur der eklips, die op de centrale lijn bijna $5\frac{1}{2}$ minuut bedragen zou, aldaar hoogstens $2\frac{1}{2}$ minuut zoude zijn. Hoewel wij dus van den 12den tot den 16den Augustus te Gorontalo lagen, verzocht ik den kommandant der Sumatra, de bocht van Tomino over te stoomen, ten einde een punt meer op de centrale lijn der schaduw te kiezen. Het eilandje Mantawaloekéké voldeed aan het doel. Het ligt op ongeveer een halve of geheele mijl van den wal, is onbewoond, zoodat wij geen hinder zouden hebben, noch van honderde nieuwsgierige inboorlingen, die ons zouden omringen, noch van het slaan op rijstblokken, bekkens of andere klinkende voorwerpen, hetgeen steeds, vooral door de Boegineezen in praktijk gebracht wordt, ten einde den kaaiman of de slang te verdrijven die volgens het volksgeloof bij eene eklips aan de zon of maan knabbelt.

Het was een gewoon koraal-eiland, dat aan de zuidpunt een breed strand aanbood waar wij konden observeeren, en overigens geheel begroeid was, zoodat wij genoegzamen lommer hadden om ons van tijd tot tijd aan de brandende zonnestralen te onttrekken.

Des avonds van den 16^{den} Augustus Gorontalo verlaten hebbende, lieten wij den volgenden morgen het anker vallen nabij het genoemde eiland Mantawaloe-kéké. Ik bepaalde dien morgen de lengte en des middags de breedte. Het weder liet zich goed aanzien. Des namiddags omstreeks drie uur, vertoonde zich aan den oosterhorizon de rook van een stoomschip, dat, zoodra het ons in het oog had, zijnen koers naar ons richtte. Het bleek het Engelsche oorlogsstoomschip de Serpent te zijn, dat van Japan naar Australië bestemd was, en waarvan de kommandant, de heer BULLOCK, de gelegenheid niet wilde laten voorbijgaan om de eklips waar te nemen. Op raad van een onzer zee-officieren in de wateren van Japan, den kapitein ter zee VAN GOGCH, had hij nagenoeg hetzelfde plekje uitgekozen als wij, doch vernemende dat wij op het eiland, waarbij wij lagen, zouden observeeren, liet hij zijn anker daar ook vallen. Als passagiers waren aan de Serpent ook aan boord drie te Manila te huis behoorende Spaansche geestelijken, van de orde der Jesuiten, RICARDO, FAURA en NONNELL, wien op hun verzoek te Manila door den kommandant van de Serpent passage verleend was, om ook aan de waarneming der eklips deel te nemen; het waren wetenschappelijke heeren, onder wier bestuur ook het meteorologische observatorium van het Ateneo municipal te Manila staat.

Ik was voor de waarneming der eklips voorzien van mijn universaal-instrument van REPSOLD, een grooten vijf-voets-kijker van STEINHEIL en eenige handkijkers, benevens drie houten voeten, zooals die door den hoogleeraar KAISER in het album der Natuur van 1854 (blz. 220) zijn beschreven en afgebeeld.

Buitengewone, expresselijk voor de waarneming der totale zoneklips bestemde hulpmiddelen bezat ik niet, noch een spectrometer, om eene analyse van het licht der lichtkroon of der protuberancen te maken noch een photographischen toestel om gedurende de totaliteit photographieën van de lichtkroon te nemen. Wèl werd door de lezing der notulen van de Vergadering der Natuurkundige afdeeling van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam van 28 Maart (die ik in Juni te Macasar ontving) mijne hoop levendig, dat door de in die vergadering benoemde commissie nog iets in het be-

lang van eene volledige en aan de behoefte der wetenschap voldoende waarneming der eklips zou verkregen zijn, doch van de resultaten harer pogingen heb ik verder niets vernomen. Ook een door mij onderslhands aan een wetenschappelijken vriend in Nederland gedaan verzoek, om pogingen in het werk te stellen, opdat ik nog tijdig genoeg van regeringswege die werktuigen zou ontvangen die misschien nuttig of noodig zijn zouden voor de beantwoording van de nieuwe, sedert de laatste totale zoneklips, ontstane vragen, bleef onvoldaan; zoodat ik mij tot het gebruik mijner gewone instrumenten bepalen moest.

Ik moet hier echter bijvoegen, dat het voldoen aan al de eischen der wetenschap niet alleen verscheidene instrumenten zou gevorderd hebben die ik niet bezat, maar ook een personeel om die instrumenten te gebruiken. Toen WARREN DE LA RUE met zijn, door een uurwerk bewogen photographischen toestel, bij de totale zoneklips van 18 Juli 1860, te Villa bellosa, twee photographieën van de lichtkroon maakte, werd hij door niet minder dan vier ervaren photographen bijgestaan, terwijl hij zelf een der meest beroemde mannen in het vak der photographie is. Dit werd in de bovenvermelde vergadering van de Akademie van Wetenschappen te Amsterdam ook door den hoogleeraar HOEK ingezien, die dan ook niet alleen een voorstel wilde gedaan hebben tot uitzending van instrumenten, maar ook van waarnemers.

De waarnemingen, die bij eene totale eklips gedaan kunnen worden, kan men gevoegelijk verdeelen in:

a meteorologische,

b zuiver sterrekundige waarnemingen, d. z. die op den loop der zon of maan betrekking hebben, zooals van het begin en het eind der totale eklips,

c waarnemingen die op de natuurkundige gesteldheid der zon of maan betrekking hebben, zooals afteekening of uitmeting der lichtkroon of der rozenroode protuberancen, die steeds bij totale eklipsen zichtbaar geweest zijn, onderzoekingen betreffende polarisatie, spectraal-analyse en photographische afbeeldingen der corona.

Men zou hier ook kunnen bijvoegen de waarnemingen omtrent de sterren die zichtbaar worden, hierdoor wordt namelijk

de graad van helderheid van den dampkring aangegeven die gedurende de totaliteit alleen door de lichtkroon verlicht wordt.

Mijn voorstel aan Kommandant en État-major van de Sumatra gedaan, om aan de waarnemingen deel te nemen, waartoe ik vier kijkers op voeten verstrekken kon, werd door de h. h. DRONKERS, EHNLE, COMMIJS en ROVERS aangenomen. Bij de verdeeling van den arbeid was ik indachtig aan den raad van Prof. C. L. LITTROW bij gelegenheid van de eklips van 1860 uitgesproken, om den kostbaren tijd zoo nuttig mogelijk te besteden. Op zijn raad liet ik dus de geregelde meteorologische waarnemingen na, die gewoonlijk alle vijf of tien minuten tijdens zoneklipsen worden in het werk gesteld. Alleen had ik een thermometer onder een boom vrij opgehangen, die van tijd tot tijd afgelezen werd. Deze is gedurende de eklips slchts één graad Celsius gedaald en van 29°. 0 C op 28°. 0 C gekomen. Deze daling is minder dan verwacht kon worden, maar het was bijna volstrekt windstil, en het koraalzand is een uitstekende opslurper van warmte; vandaar de ondragelijke hitte, bij zonneschijn op zandstranden, waarvan ik dikwijls, vooral bij windstilte, de proef heb gehad.

Minder noodzakelijk vond ik de opvolging van LITTROW's raad, ook de waarneming van het begin en einde der tolatiteit te laten varen. Ik rekende mijzelven kalm genoeg, om door die aanteekening niet te veel afgeleid te zullen worden.

Aan de zichtbaarheid van vaste sterren of planeten kon door ons ook slechts eene zeer oppervlakkige aandacht geschonken worden. Dat Venus helder scheen, behoeft niet vermeld te worden, daar zij steeds bij het volle daglicht zichtbaar was. Merkwaardig was de vlugheid, waarmede een inlandsche oppasser, die mij op reis vergezelde, deze planeet over dag wist te vinden, zoodra hem maar eenigszins de streek des hemels was aangewezen, waar hij haar zoeken moest. Mercurius stond evenals Venus westelijk van de zon, doch slechts op 11° afstand, terwijl die van Venus 40° bedroeg. Behalve deze planeten werden nog zichtbaar Procyon links en de beide tweelingen Castor en Pollux rechts van Venus. Ook werd door enkelen op 2½° afstand boven de geëklipseerde zon Regulus gezien.

Naar mijne schatting — ik kon het zichtbaar worden van sterren slechts een oogenblik mijne aandacht wijden — geloof ik dat sterren van de tweede grootte gedurende de totale eklips zichtbaar werden, maar minder heldere niet. Men moet dan echter, òf door hare nabijheid bij helderder sterren, òf door eene behoorlijke voorbereiding, hare plaats nauwkeurig weten.

Hoewel ik mij eerst voorgenomen had, behalve mijn universaal-instrument van REPSOLD, ook den grooten kijker van STEINHEIL ter mijner dispositie te houden, ten einde voor de beschouwing der protuberancen van grootere vergrootingen gebruik te kunnen maken, heb ik dit denkbeeld opgegeven en mij enkel bij het universaal-instrument bepaald. De kijker van dit instrument heeft het nadeel van eene kleinere vergrooting [32 maal] te hebben dan de kijker van STEINHEIL zelfs met zijne zwakste oogbuis heeft [60 maal], maar heeft het voordeel:

1e dat de waarnemer altijd horizontaal voor zich uitziet, zoodat zijn ligchaam in de minst gedwongene positie is;

2e dat er een dradennet in is, hetwelk de zonneschijf, als men haar middelpunt in het midden van het veld brengt, in een aantal deelen verdeelt, waardoor het afteekenen, op hare juiste plaats, van bijzonderheden aan den zonnerand, zeer gemakkelijk wordt gemaakt;

3e dat door dat dradennet metingen mogelijk worden;

4e dat het veld omtrent één graad middellijn heeft en dus nog altijd zoo groot is, dat de geheele rand van zon of maan overzien kan worden.

Hoewel de waarnemingen bij vorige totale eklipsen gedaan, geen bepaald verband schijnen aan te duiden tusschen de zonnevlakken en de protuberancen, bepaalde ik toch, des morgens van den 18den Augustus, nadat ik eene tijdsbepaling door de zon genomen had, ook de ligging der vier op de zon zichtbare zonnevlekken. Hiertoe liet ik de beide zonneranden, zoowel als die vlekken, den horizontalen middeldraad voorbijgaan, en vond op die wijze het verschil in hoogte tusschen het middelpunt der zon en ieder der vlekken. Daarna richtte ik het midden der vertikale draden achtereenvolgens op den linker zonnerand, op ieder der vlekken en op den rechter zonnerand,

A, *middelpunt der zon.*
BCDE, *schijnbare weg van het middelpunt der maan.*
TA, *vertikaal van het middelpunt der zon tijdens het begin der eklips.*
T'A', *dito tijdens het midden der totale eklips.*
abcd, *plaatsen der protuberances volgens mijne teekening.*

en las telkens den horizontalen cirkel af. Bij iedere instelling werd ook de tijd op den tijdmeter aangeteekend. Daardoor werd nu voor de oogenblikken, waarop de instelling op ieder der vlekken had plaats gehad, de horizontale afstand tusschen het middelpunt en de vlekken bekend. Uit beide resultaten vereenigd vond ik voor het verschil in rechte opklimming en declinatie, tusschen het middelpunt der zon en de zonnevlekken, de volgende grootheden, geldende voor $20^u\ 21^m$ Midd. tijd der plaats of $12^u\ 9^m$ Midd. tijd te Greenwich:

VERSCHIL IN R. O.			VERSCHIL IN DECLINATIE.
	Boogsekunden	Sekunden R. O.	
Vlek I	— 764,"	— 785″ = — $52^s,3$	— 307″,
„ II	+ 332,"	+ 341″ = + $22^s,7$	— 594″,
„ III_a	+ 409,"	+ 502″ = + $33^s,5$	— 613″,
„ III_b	+ 510,"	+ 524″ = + $34^s,9$	— 611″,

Op plaat II is eene teekening van de zonneschijf met bedoelde vlekken hiernaar ontworpen — vlek N is op het oog bijgeteekend — terwijl in diezelfde figuur ook zijn aangegeven de punten aan den zonnerand:

1 waar de eerste aanraking met de maan heeft plaats gehad,
2 waar het laatste zonnelicht zichtbaar was,
3 waar het zonnelicht weêr doorbrak,
4 waar de laatste aanraking met de maan heeft plaats gehad.

a, *b*, *c*, *d*, de plaatsen aan den zonnerand van de protuberancen naar mijne teekening, waaruit blijkt dat althans *a*, *c* en *d* zich op geheel andere plaatsen vertoonden, als waar de zonnevlekken aanwezig waren.

De lijn NZ duidt den declinatie-cirkel der zon aan; terwijl de punten T en T′ de richting van het zenith aangeven tijdens de eerste aanraking en tijdens het midden der totaliteit.

Zonnefakkels waren slechts zeer weinige zichtbaar, maar ik moet erkennen, dat de inspanning om haar duidelijk te zien mij afschrikte om ze in teekening te brengen.

De vooruitberekening voor het begin en einde der eklips, naar de aan het Berliner Astronomisches Jahrbuch daarvoor ontleende getallen, had gegeven:

voor het begin 1^u $3^m,0$ M. Tijd
" " einde 3^u $43^m,0$ " "

terwijl uit de opgaven van WEISS in de Astronomische Nachrichten N° 1664 voor de totale eklips gevonden werd:

voor het begin 2^u $24^m,8$ } verschil $5^m,6$
" " einde 2^u $30^m,4$ }

Hierbij werd gebruikt de door mij gevondene
O Lengte 123° 4′ 46″
Z Breedte 0°32′ 36″

De waarneming heeft gegeven

	volgens mij,	volgens den hr. COMMIJS,	volgens den hr. EHNLE,
Begin der eklips	1^u 2^m $38^s,1$		
" " tot. "	2^u 25^m $9^s,4$	$9^s,55$	$9^s,05$
Einde " " "	2^u 30^m $33^s,4$	$33^s,05$	$33^s,05$
" " eklips	3^u 42^m $28^s,7$	$27^s,1$	

Daar voor de medegenomene handkijkers geene zonneglazen aanwezig waren, projecteerden de heeren EHNLE, COMMIJS en ROVERS het zonnebeeld op een vel papier door uitschuiving van de oogbuis; zij verkregen op die wijs een beeldje van 4 of 5 Nederlandsche duimen middellijn, het is te begrijpen dat de *eerste* indruk van de maan op de zon, met die hulpmiddelen, niet zoo nauwkeurig kon waargenomen worden, als het mij mogelijk was, vandaar dat de tijd van dien eersten indruk bijna 23 sekunden later genoteerd werd dan door mij. Bij het einde der eklips is het volgen van het kleiner worden van den indruk veel gemakkelijker, en het verschil was dan ook maar $1^s,6$. En hoewel de eerste indruk door mij gezien werd juist op het punt van de zonneschijf waar ik hem verwachtte, zoo heeft de berekening mij toch geleerd, dat de maan zich reeds ongeveer 5 sekunden op de zonneschijf moet geprojecteerd hebben, eer ik het begin der eklips zag en noteerde. En dit is duidelijk want, daar een indruk niet gezien kan worden

of hij moet reeds bestaan, zoo is de waarneming van het wezenlijke begin eener zoneklips eene bepaalde onmogelijkheid, en als men in aanmerking neemt dat de dikte der spinragdraden in het veld van den kijker gespannen, strooken van bijna 7 sekunden breedte aan den hemel dekken, dan kan het gevondene resultaat niet tegen de zorgvuldigheid der waarneming getuigen. Zooals reeds uit de boven opgegevene getallen blijkt, is de duur der totale eklips korter geweest dan de berekening gegeven had; dit bevestigt het resultast, voor 10 jaar door mij gevonden, dat namelijk de maansstraal in de tafels van HANSEN te groot is aangenomen, en voor de berekening van zoneklipsen ruim 2 sekunden kleiner genomen moet worden.

De lengte der observatieplaats eindelijk werd door de totale eklips $7^s.8$ of $1',57''$ boogs oostelijker gegeven dan de tijdmeterlengte, doch hierop kunnen de fouten in de zons- en maanstafels eenen grooten invloed hebben. Alvorens dus aan dit resultaat eenige beteekenis gehecht kan worden, moeten de waarnemingen in Europa van 18 Augustus afgewacht worden, waardoor de fouten der zons- en maanstafels bekend zullen zijn.

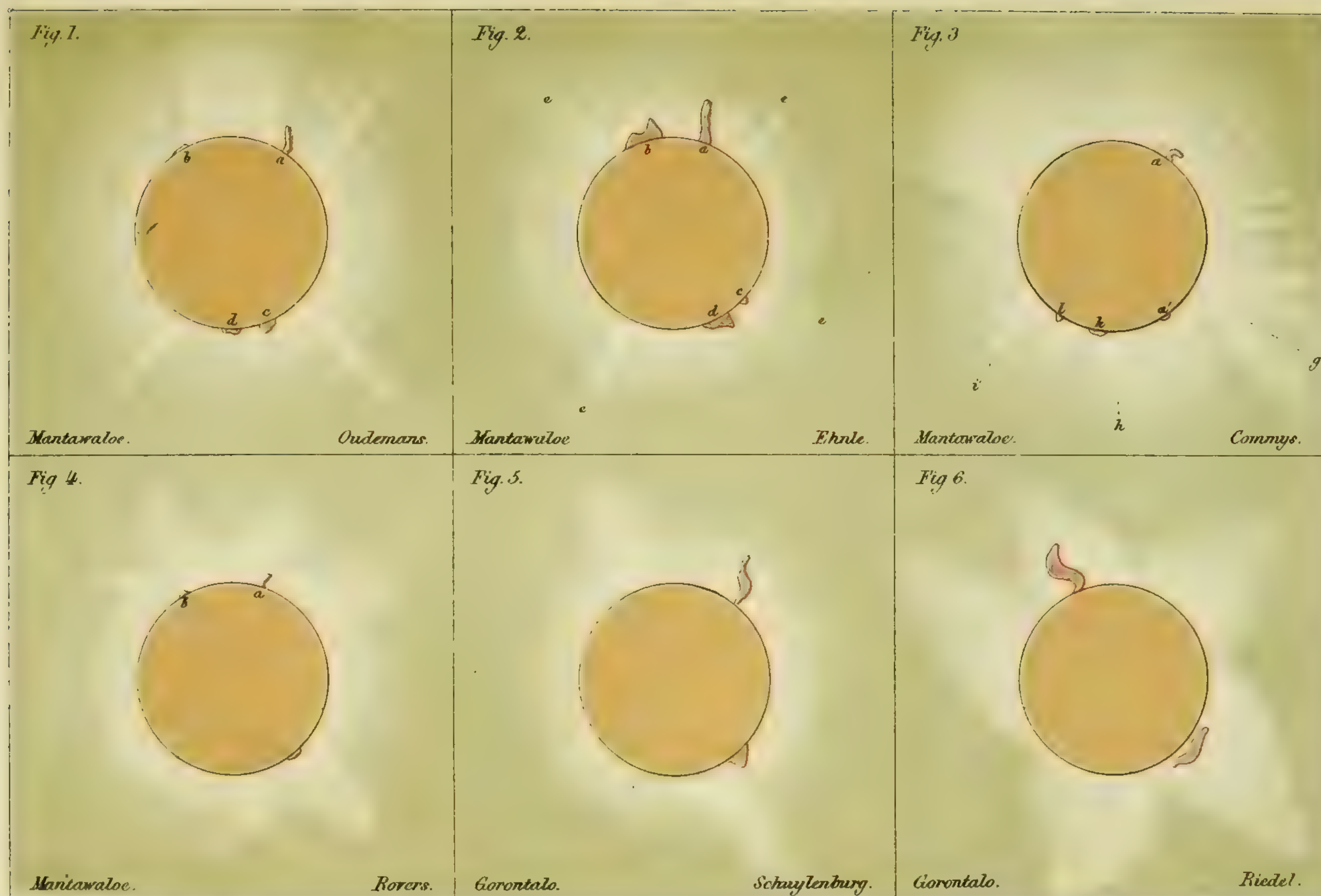
Na de zuiver sterrekundige waarnemingen te hebben afgehandeld, zullen wij nu overgaan tot die, welke op de physische gesteldheid der zon betrekking hebben. Ik was met de officieren van de Sumatra overeengekomen, dat ik mijne aandacht bepaaldelijk aan de protuberancen zoude wijden, terwijl zij meer in het bijzonder de lichtkroon tot een onderwerp hunner beschouwing zouden maken. Ik had platen medegenomen, behoorende bij de beschrijvingen der waarnemingen, door verschillende sterrekundigen, bij gelegenheid der totale zoneklipsen van 1842, 1851, 1858, 1860 en 1865 gegeven. Hierdoor kon ik hunne aandacht gemakkelijker vestigen op die bijzonderheden, die eene speciëele oplettendheid vorderden. Bij den korten duur eener totale eklips is het eene bepaalde waarheid dat men speciëel, met voordacht, op een of ander verschijnsel letten moet, om de mededeeling er van als eene *waarneming* te kunnen doen gelden. Ik verzocht HEd. dus bepaaldelijk, de breedte der lichtkroon, de stralen, die er zich in zouden ver-

toonen en de kleuren, zoo die in de lichtkroon waren op te merken, hunne aandacht te schenken en zoo nauwkeurig mogelijke schetsjes te ontwerpen. Hiertoe had ik eene menigte velletjes papier gereed gemaakt waarop een cirkel getrokken was, die den rand der maan zou voorstellen, en waarop één bepaald punt het hoogste punt zou aangeven.

Bevreesd om evenals FEARNLEY en anderen in 1851 ondervonden hebben, door het te vroeg wegnemen van het zonneglas nog door de laatste zonnestralen eene tijdelijke verblinding van het oog te veroorzaken, waardoor het gedurende het begin der totaliteit niet vatbaar zou zijn voor de alsdan te ontvangeen indrukken, bleef ik mijn zonneglas voor den kijker houden, totdat het laatste zonlicht verdwenen was. Van de kralen van BAILY, de door BUSCH in 1851 aan de spitsen van den overblijvenden sikkel geziene uitstralingen of den door FEARNLEY alstoen gezienen lichtboog aan één der spitsen heb ik niets ontwaard.

Zoodra ik het zonneglas had afgenomen, deed zich het prachtige schouwspel der lichtkroon en der protuberancen voor, waarvan het niet mogelijk is den overstelpenden indruk weder te geven. Ik wil wel erkennen dat ik, eerst in den kijker en onmiddellijk daarop ook met het ongewapende oog het schouwspel bewonderende, eenigen tijd noodig had om weder tot bezinning, en tot het besef te komen, dat mijne roeping thans niet was bloot toeschouwer te zijn, maar zoo bedaard mogelijk eenige aanteekeningen te maken en zoo doenlijk metingen te bewerkstelligen.

In de bij dit verslag gevoegde plaat III stelt figuur 1 voor hetgeen ik van de protuberancen gezien heb. De protuberancen *a* en *b* werden onmiddellijk zichtbaar, later *c* en *d*. Ik voor mij heb de protuberance *c* eerst 2 minuten na het begin der totaliteit gezien, maar zij is zonder twijfel eerder zichtbaar geworden. Nog later was dit het geval met *d*. Blijkt hier reeds met waarschijnlijkheid uit, dat de protuberancen tot de zon behooren en door het voorbijschuiven der maan, aan de zijde waar zij van daan komt, zichtbaar worden, nog meer afdoende werd dit door de volgende metingen bewezen. Ik koos de protuberancen *a* en *c* om ze door middel der da-



Lith. Emrik & Binger

AFBEELDINGEN DER LICHTKROON EN DER PROTUBERANCEN.
(GEDURENDE DE TOTALE ZONEKLIPS VAN 18 AUGUSTUS 1868.)

gelijksche beweging der hemelligchamen te meten. De zon daalde nagenoeg recht naar beneden, en daarom was de protuberance *a*, die niet ver rechts van het hoogste punt der maan zichtbaar was, en die nog eene kromming aanbood, zoodat zij nagenoeg vertikaal gericht was, daartoe het meest geschikt. Driemalen liet ik haar eenen horizontalen draad in den kijker van het universaal-instrument voorbijgaan, en telkens was de vermindering zichtbaar. Hoewel het mij niet onbekend is, dat door de meting dier vermindering geene voor de wetenschap op zich zelve nieuwe feiten aan het licht zouden komen, was mijn doel meer om getallen te leveren, die misschien door vergelijking met de resultaten op andere punten van de totale schaduw-lijn verkregen, eenig resultaat zouden kunnen opleveren. Zie hier de metingen:

Overgangen over eenen horizontalen draad.

Protuberance *a*.

Voet	2^u	26^m	$33^s,4$	M. T.	verschil $12^s,5$.
Top			$45^s,9$	〃 〃	
Voet	2^u	27^m	$42^s,4$	〃 〃	verschil $11^s,0$.
Top			$53^s,4$	〃 〃	
Voet	2^u	28^m	$55^s,4$	〃 〃	verschil $9^s,0$.
Top		29^m	$4^s,4$	〃 〃	

De afname bedroeg dus:

eerst in	69^s	$1^s,5$
toen in	73^s	$2^s,0$
te zamen in	142^s	$3^s,5$

Volgens de berekening moest dit zijn $3^s,9$, de overeenkomst is dus geheel voldoende. Men behoeft toch slechts het verschil van $0^s,4$ op de vier waarnemingen te verdeelen, die het resultaat hebben opgeleverd, om eene geheel voldoende overeenkomst te verkrijgen. Daar het begin der totale eklips plaats had te 2^u 25^m 9^s, zoo kunnen wij uitrekenen hoe hoog de protuberance *a* toen gevonden zou zijn. Ik vind $14^s,6$. In elke tijdsekunde daalde de protuberance $13'',9$ boogs, waarvan het product met $14^s,6$ is $203''$. Dit is echter niet de hoogte van den

top der protuberance boven den zonnerand, deze is iets korter en wel 176″ of nagenoeg 3′ boogs.

Als men nagaat dat elke minuut boogs met nagenoeg $3\frac{1}{2}$ maal de middellijn der aarde overeenstemt, dan volgt daaruit dat de protuberance *a* minstens 10 à 11 maal die middellijn boven de oppervlakte der zon uitstak. Er bestaat thans bijna geen twijfel meer aan, dat de protuberancen niets anders zijn dan eene soort van wolken, die in den zonnedampkring drijven, dit is door de in 1851 geziene loszwevende roode vlek genoegzaam bewezen, en ik geloof dat de hoogleeraar VON FEILITSCH te Greifswald, die in 1860, na tweemaal de verschijnselen eener totale eklips gezien te hebben, bij zijn lievelingsdenkbeeld bleef, dat zij niets anders dan optische verschijnselen waren, met die overtuiging thans wel geheel alleen zal staan.

Maar dan komen wij tot het besluit dat in den zonnedampkring wolken drijven die minstens eene uitgebreidheid hebben van $10\frac{1}{2}$ middellijnen der aarde of ongeveer 18000 duitsche mijlen!

Tusschen de 2e en 3e der boven medegedeelde metingen teekende ik aan dat de protuberance *b* verdwenen was. Ook maakte ik in diezelfde tusschenruimte eene teekening van de stralen die ik met het bloote oog zag. Fig. 1 is daarnaar ontworpen.

Zooals gezegd is werden de protuberancen *c* en *d* eerst later zichtbaar. Volgens eene aanteekening van den heer COMMIJS werd *c* te $2^u\ 28^m\ 29^s$ zichtbaar, doch ik geloof hiervoor liever te moeten aannemen, het eerst gezien. Even als ik *a* gedaan had, mat ik nu *c* ook nog, en vond voor de tijden van doorgang voorbij een horizontalen draad:

van	den	top	2^u	29^m $21^s,4$	verschil $2^s,0$
〃	〃	voet		$23^s,4$	
〃	〃	top	2^u	30^m $6^s,9$	verschil $3^s,5$
〃	〃	voet		$10^s,4$	

Dus eene *toename* in $45^s,5$ van $1^s,5$, hetwelk theoretisch $1^s,2$ moet zijn, hetgeen weder geheel voldoende overeenstemt. Volgens deze metingen kan de hoogte te $2^u\ 28^m\ 29^s$, het door den hr. COMMIJS genoteerde oogenblik, niet nul bedragen hebben.

In plaats van de door mij geziene protuberance *d* heeft de

heer COMMIJS er twee gezien, dle hij beide zegt te 2^u 30^m 9^s zichtbaar geworden te zijn, *k* is zonder twijfel identiek met de door mij *c* genoemde, de door ZEd. *l* genoemde is door mij niet opgemerkt.

Zoo is de protuberance *b* niet door den Heer COMMIJS, en eene kleine protuberance die evenals de *k* en *l* van den hr. COMMIJS rechts ontstond van *c*, wel door de hh. EHNLE en ROVERS, doch niet door den hr. COMMIJS en mij opgemerkt.

Na de totaliteit verdwenen de protuberancen aan de bovenzijde der zon, waar het licht doorbrak, onmiddellijk, alleen *a* bleef nog eenigen tijd zichtbaar, volgens den hr. EHNLE nog 1^m 15^s. Deze protuberance is ook door denzelfden waarnemer voor het begin gezien, toen haar voet nog midden op het nog overgebleven sikkeltje van de zon stond.

Den maansrand aan de noordzijde bleef ik nog zien, 2^m 10^s na het einde der totaliteit. Ik heb in de nevensgaande plaat de drie teekeningen der hh. EHNLE, COMMIJS en ROVERS allen opgenomen. De heer DRONKERS is tot mijn leedwezen door omstandigheden verhinderd geworden, aanteekeningen betreffende zijne waarneming op schrift te stellen. Te meer was dit voor mij eene teleurstelling daar ik dit verslag nog eenigen tijd heb aangehouden, in de hoop die aanteekeningen nog later te ontvangen. De verschillen welke in die teekeningen gevonden worden, billijken het door mij aan die heeren gedane verzoek, om allen zich met hetzelfde, nl. de lichtkroon, bezig te houden. De overeenkomst tusschen die teekeningen onderling en met de mijne is minder dan men verwachten zoude, maar niet minder dan zij ook bij andere totale eklipsen, onder teekeningen op eene zelfde plaats gemaakt, geweest is.

De kleur der maan gedurende de totaliteit is zeer verschillend beschreven geworden. In alle platen, die ik van het verschijnsel gezien heb, wordt zij als geheel zwart afgebeeld, en ook menige waarnemer beschrijft haar uitdrukkelijk zoo, hoewel anderen, zooals bijv. AIRY (1842), bepaald verzekeren, dat de maan een eigen licht vertoonde. Dit is ook overeenkomstig mijne waarneming; de zwarte kleur van de meeste teekeningen is geheel overdreven. Met het bloote oog gezien kwam mij de maan (voor zoover mijne herinnering later

strekte) weinig donkerder voor dan de grond des hemels buiten de maan, en dan kan hierop het contrast invloed hebben met de omliggende lichtkroon. Ik zoude de kleur eene donkere bronskleur noemen.

Omtrent de kleur der lichtkroon verschillen de opgaven ook nog al. In 1842 schatte AIRY de kleur der lichtkroon „peach color," BAILY daarentegen wit, zonder eenige kleur hoegenaamd. Ik voor mij meende eene zeer zwakke perzik-bloesem-kleur te zien. De heer EHNLE noemt de kleuren naar volgorde: wit en geel, rood en groen, geel en wit; de heer COMMIJS wit, flaauw geel, en flaauw groen, beide naar opvolging van tijd. Van eene loodkleur zooals OLUFSEN en GOOD in 1851 meenden te zien kon ik niets bespeuren.

De kleur der protuberancen was naar mijne schatting licht rozenrood, zij toonden overigens in hare kleur veel overeenkomst met wolken, die door de avondzon beschenen worden. Voor het begin der totaliteit konden wij duidelijk in het N. W. de schaduw herkennen aan de duisternis in den dampkring, toen was het contrast tusschen die streek en het Z.O. sterk zichtbaar. Na het einde der totaliteit daarentegen was omgekeerd het Z.O. in donker gehuld en het N.W. in licht. Opmerkelijk was het hoe kort vóór de totaliteit het zonlicht merkbaar minderde, en het geheele eiland eene sombere tint aannam, hoe daarentegen bij het op nieuw doorbreken van het zonlicht de indruk veel plotselijker was en even alsof wij in eens geheel in het volle zonlicht kwamen.

Alvorens tot de waarnemingen op andere plaatsen gedaan, over te gaan, zal ik de oorspronkelijke mededeelingen van de heeren EHNLE en COMMIJS laten volgen, waarin de aangegevene tijdmeter-aanwijzingen tot middelbaren tijd herleid zijn, en de letters door beide waarnemers gebruikt om de protuberancen aan te duiden, in overeenstemming met de door mij gebezigde gebracht zijn.

Mededeeling van den heer EHNLE.

Ingevolge vereerend verzoek van den hr. Dr. OUDEMANS assisteerde ik bij het waarnemen der zoneklips op den 18^{den} l.l. Ik bediende mij daartoe van een gewonen verrekijker met eene

vergrooting van 20 malen, geplaatst op een voetstuk, dat zoowel in het horizontale als in het verticale vlak, eene kleine beweging aan den kijker toeliet, waardoor de zon behoorlijk gevolgd kon worden.

Ik begon mijne bijzondere aandacht te wijden en door den kijker te zien, toen de maan de zon *bijna* geheel bedekte, en merkte het eerst op een klein verlicht boogje, ongeveer tusschen de twee horens van het gedeelte der zon dat nog te zien was. Ik kon dit verschijnsel niet aan mijn instrument toeschrijven, aangezien ik overluid hetzelfde verschijnsel hoorde noemen door eenige andere observateurs. Het bleef zichtbaar, totdat de zon geheel bedekt was. Alstoen had ik een prachtig zigt op de hemelligchamen zon en maan. Rondom de maan was een lichtkrans van, naar mijne gissing, zes minuten breedte; de kleuren, die deze krans had, waren naar volgorde: wit-geel, rood en groen, geel en witachtig.

Het wit- en geelachtige licht duurde van den aanvang d. i. van 2^u 25^m 9^s M. T. tot 2^u 26^m 59^s; van 2^u 26^m 59^s tot 2^u 29^m 14^s kwam het mij gedeeltelijk rood en groenachtig voor, en van 2^u 29^m 14^s tot het einde 2^u 30^m 33^s was het weder voor mijn oog geel en witachtig.

De geheele totale verduistering had alzoo 5^m 24^s geduurd.

Ook merkte ik, vooral tegen het einde der totale verduistering, zeer ligt geprononceerde straaltjes, welke kegelvormig waren en iets minder sterk gekleurd dan de lichtkrans (zie *e, e, e, e*). Verder was voor mij zeer opmerkelijk de licht-uitwas *a* (bij gebrek aan beter woord, noem ik het zoo); deze gaf een fel rood en geel licht, en was duidelijk zichtbaar gedurende den geheelen duur der eklips en zelfs nog 1^m 15^s daarna, veranderingen merkte ik er niet in op.

De verhevenheid *b* deed zich als een bergje voor in den aanvang, doch verdween omstreeks het midden der verduistering. Het lichtheuveltje *d* deed zich ten 2^u 28^m 29^s op, evenals *c* ten 2^u $30^m 9^s$, beiden gaven een helder donker geel en roodachtig licht af, en hielden op bij het einde der totale eklips. Te 2^u 31^m 48^s heb ik opgehouden te observeeren, aangezien het licht te fel in mijne oogen kwam.

de Luit. t/z 2^e kl.

(w. g.) E. L. EHNLE.

Mededeeling van den hr. COMMYS.

1ᵘ 3ᵐ 1ˢ begin der aanraking in *a'*, *)
1ᵘ 28ᵐ 9ˢ aanraking der maan met vlek I,
1ᵘ 29ᵐ 37ˢ bedekking der vlek I
2ᵘ 25ᵐ 9ˢ,55 begin der totaliteit
3ᵘ 42ᵐ 27ˢ, einde der eklips.

Onmiddellijk bij de totale bedekking werd *a* zichtbaar, scherp begrensd en helder rood in de witte lichtkrans afstekende, veranderde niet in het minst van vorm en bleef na het einde der totaliteit even goed zichtbaar tot 2ᵘ 33ᵐ 16ˢ, toen het geheel door de maan bedekt was.

Te 2ᵘ 28ᵐ 29ˢ werd punt *c* zichtbaar, veel minder hoog maar breeder dan *a*, echter van dezelfde kleur en niet zoo scherp begrensd, en verdween bij het eerste doorbreken van het zonlicht.

Te 2ᵘ 29ᵐ 14ˢ werden de uitloopende stralen *e* en *f* zichtbaar, hebbende naar gissing eene breedte van den straal en eene goed zichtbare lengte van de middellijn der maan, het licht er van was helderder dan de lichtkrans. Verder waren gedurende dezen tijd in de lichtkrans flaauw zichtbaar de figuren *g*, *h* en *i*, welke als het ware dichter in lichtmassa maar niet anders in kleur waren en mij niet opgevallen zouden zijn, als ik de figuren van vroegere zonsverduisteringen niet gezien had.

Te 2ᵘ 30ᵐ 9ˢ werden de punten *k* en *l* zichtbaar en verdwenen weder heel spoedig omdat aan die zijde te 2ᵘ 30ᵐ 33ˢ,05 het zonlicht doorbrak. Wat de lichtkrans betreft, die zal naar mijne schatting iets grooter zijn geweest dan de straal der maan, was bij het begin helder wit en kleurde zich te 2ᵘ 27ᵐ 9ˢ flaauw geel en te 2ᵘ 28ᵐ 9ˢ flaauw groen, echter waren de kleurveranderingen en buitenste rand der lichtkrans zeer flaauw en moeijelijk waar te nemen.

(w. g.) J. C. COMMIJS.

---

*) Dit punt is door den heer COMMIJS verkeerdelijk rechts van het onderste punt geteekend. Het begin had plaats 15° links van dat punt. Deze vergissing komt blijkbaar daar van daan, dat het op een wit scherm geprojecteerde zonnebeeld een spiegelbeeld is, en hierop bij de teekening niet gelet is.

Over de waarnemingen te Gorontalo en te Ambon.

Behalve op het eiland Mantawaloekéké gelukte de observatie der eklips ook te Gorontalo en Ambon.

Op eerstgenoemde plaats hadden wij den 16den het stationschip de Bali, kommandant de luitenant ter zee 1e klasse GEY VAN PITTIUS, verlaten, en ook daar begunstigde het weder de waarneming der eklips. Het verslag door den luitenant ter zee C. SCHUIJLENBURG van zijne waarnemingen opgemaakt, hetwelk mij, evenals de mededeelingen van den kommandant van de Amelia te Ambon, door den kommandant der Zeemacht is afgestaan, om er gebruik en melding van te maken, luidt als volgt:

Aan boord Zr. Ms. Schroefstoomschip
3e *klasse Bali, Goenong-Talo* 1),
19 *Augustus* 1868.

Den kommandeerenden officier van Zr. Ms. Schroefstoomschip 3e kl. *Bali.*

Ingevolge UEdGs. mondelinge uitnoodiging heb ik de eer U de door mij verrichte en hieronder volgende observatiën omtrent de zoneklips van gisteren mede te deelen.

Met eenen voor dit doel prachtigen kijker, aan den wal opgehangen, en met eenen dien eigen morgen geverifiëerden tijdmeter, op eene plaats waarvan de lengte en breedte astronomisch bepaald waren 2), zijn de navolgende observatiën verkregen.

De verduistering begon vroeger — een paar minuten — dan door Dr. OUDEMANS in den Regerings-Almanak van 1868 voor Goenong-Talo is opgegeven 3), en daardoor, wegens de moeijelijke houding voor eenen bijna naar het zenith gerichten kijker, ontsnapte mij het oogenblik van het begin en zag ik ten 1u 3′ 34s M. T. te Goenong-Talo (0° 29′ 50″ N. Br. en 123° 2′ 30″ O. L.) de verduistering reeds aangevangen, en wel te oordeelen naar de grootte van het verduisterde gedeelte reeds eene kleine minuut, zoodat men binnen weinige sekunden nauwkeurig den aanvang op 1u 2m 50s kan stellen.

Het begin en het einde der totaliteit en het geheele einde der verduistering zijn binnen de sekunde nauwkeurig als volgt:

begin der totaliteit	$2^u\ 25^m\ 32^s$	Middelb. tijd Goenong-Talo.
einde 〃 〃	$2^u\ 27^m\ 26^s$	
geheele einde verduistering	$3^u\ 41^m\ 12^s$	

De totaliteit duurde dus belangrijk korter,[4] de verduistering langer dan de Almanak van 1868 opgeeft.

Het geheele natuurverschijnsel was prachtig te zien, een zeer heldere, zoo goed als onbewolkte hemel bevorderde de indrukken, die het op ieder maakte.

Gedurende de twee en een half uur is door mij steeds gezien, dat de rand der zon niet scherp op de maan eindigde, maar dat hij, waarschijnlijk door straalbreking, zeer stomp afbrak, even als men dit bij de zons op- en ondergangen waarneemt[5]. Zeer merkbaar was de invloed der verduistering op de warmte, de Bali niet van een goeden thermometer voorzien zijnde, zijn hieromtrent geene waarnemingen kunnen ge daan worden.

Op den zeewind, die in Augustus zich te Goenong-Talo dikwijls tot G. M. K.[6] verheft, was zij mede van merkbaren invloed, er was zelfs eene soort van stagnatie in te bespeuren.

Verscheidene sterren waren voor het bloote oog duidelijk te zien[7].

De duisternis was ongeveer gelijk die, welke een tiental minuten na zonsondergang heerscht, alles was met eene vale geele tint gekleurd[8].

Onmiddellijk bij het begin der totaliteit was ongeveer 25° rechts van het toppunt een purper wolkachtig lichaam te zien, van een gewonen cumulus-vorm. Omstreeks het midden der totaliteit ontstond eene kleinere wolk ongeveer 40° rechts van het voetpunt[9], mede purper van kleur, terwijl eenige kleinere purpere vlekjes om den zonsrand verspreid waren

Eenige lichtkroonen die zeer bewegelijk waren, vertoonden zich mede ook aan het ongewapend oog.

Het hierbij gevoegde schetsje[10] is genomen als het beeld in den rechtzienden kijker.

De Luitenant ter zee
(w. g.) C. SCHUIJLENBURG.

AANTEEKENINGEN BETREFFENDE DEZE MEDEDEELING.

1) Ik geloof niet, dat de rectificatie, hier aan den officiëelen naam Gorontalo toegebracht, de ware is. Zoover ik daar vernomen heb, is er geen berg Talo; de naam der plaats heet bij de inboorlingen Holontalo.

2) Ik gis dat hier mijne bepaling bedoeld wordt, in 1864 volbracht. Voor de lengte is aangenomen de door mij voor het voormalige fortje Liato gevondene, voor de breedte 9″ noordelijker, de ligplaats der Bali schatte ik ook zooveel, of misschien hoogstens 15″ noordelijker dan het genoemde fortje.

3) De door mij in den Regerings-almanak opgegeven tijd van begin geldt ook niet voor nauwkeurig; ten eerste zijn de hulpgrootheden, waarmede die vooruitberekening gedaan wordt, niet geheel juist, en 2⁰ was de opgave van Gorontalo niet opzettelijk berekend, maar uit die voor andere plaatsen, die wel opzettelijk berekend waren, geïnterpoleerd.

4) Dit was op het eiland Mantawaloe en te Ambon even zoo, en komt hoofdzakelijk doordat de maansstraal, zooals HANSEN dien bij zijne tafels heeft aangenomen, te groot is. Het verschil was voor Gorontalo grooter dan voor de beide andere genoemde plaatsen, omdat Gorontalo vlak aan de grens van den schaduwgordel ligt. — Overigens waren de tijden van begin en einde der totale eklips door mij in tiende-deelen van minuten aangegeven, men kan dus van die opgaven geene nauwkeurigheid tot sekunden verwachten.

5) Van deze afronding der spitsen — dit is waarschijnlijk de bedoeling van den heer SCHUIJLENBURG — heb ik niets gezien; mij heeft integendeel de *scherpte* der spitsen eerder getroffen. Of eene minder juiste ajusteering van den kijker in zijn brandpunt er de reden van is, durf ik niet beslissen.

Hoe de waarnemer het verschijnsel door *straalbreking* verklaard zou willen hebben, begrijp ik niet goed, die straalbreking zou dan, dunkt mij, door den dampkring der maan moeten plaats hebben, waarvan het bestaan tot nog toe door niets aangeduid, wel door alle waarnemingen wedersproken wordt.

6) d. i. Gereefde marszeilskoelte.

7) Zie boven blz. 95.

8) De duisternis geloof ik dat bij ons grooter was dan 10 minuten na zonsondergang. Ik zou het op 20 à 30 minuten gesteld hebben. Misschien was het te Gorontalo minder duister, daar het zoo nabij den rand van de schaduw lag. De vale geele tint, waarvan de waarnemer spreekt, is door ons niet opgemerkt; in het taxeeren der kleuren bij de totale zoneklipen schijnt zeer veel subjectiefs te liggen.

9) Deze zijn blijkbaar de door mij *a* en *e* genoemde protuberancen. De door mij *b* en *d* genoemde, d. i. de aan den linkerkant der maansschijf zichtbaar gewordene protuberancen, zijn waarschijnlijk te Gorontalo niet gezien, en dit komt zonder eenigen twijfel daar van daan dat Gorontalo omtrent 1° noordelijker dan het eiland Mantawaloe ligt, en dus de maan zich uit dat standpunt gezien, zuidelijker, d. i. meer links aan den hemel moest projecteeren.

10) Eene zoo getrouw doenlijk door mij genomene kopie hiervan is in pl. III. fig. 5 medegedeeld, terwijl figuur 6 eene kopie is van eene teekening, mij medegedeeld door den heer RIEDEL, assistent-resident te Gorontalo. Zij beves-

tigt ten volle, dat aldaar slechts twee roode protuberancen zichtbaar waren, maar bewijst tevens hoe verschillend de opvatting kan zijn van plaats en vorm der protuberancen, ten gevolge van de gejaagdheid, waarin men verkeert, wanneer men slechts twee minuten ter zijner beschikking heeft om een zoo indrukwekkend verschijnsel als eene totale zoneklips waar te nemen.

De vijf stralenbundels, door den heer RIEDEL geteekend, acht ik meer eene figuratieve schets dan eene teekening naar de natuur, daar ik echter bij die teekening geene beschrijving ontvangen heb, kan ik daarvoor niet instaan, en meende ze dus niet te mogen weglaten. De opmerking dat de lichtkroon bewegelijk was, is ook belangrijk, deze heldert ook op waarom de verschillende waarnemers op het eiland Mantawaloe-kéké verschillende stralen geteekend hebben. Het schijnt dat dit verschijnsel veranderlijk is, waardoor de optische oorsprong er van in waarschijnlijkheid wint.

Van den kommandant van Zr. Ms. Stoomkorvet Prinses Amelia was het volgende bericht ontvangen:

Reede Amboina, 29 *Augustus* 1868.

Aan

den S. b. nacht, kommandant der
Zeemacht en Chef van het Departement
van Marine te Batavia.

Ik heb de eer UHEG hierbij aan te bieden de observatiën hier aan boord gedaan van de zonsverduistering op den 18den dezer.

Ik heb hierbij nog de volgende aanmerkingen. Het was den geheelen dag zeer mooi weder, een weinig bewolkt, echter is nagenoeg de geheele bedekking kunnen gevolgd worden, en gedurende de totale verduistering was het in de nabijheid der zon onbewolkt.

Het begin en einde der totale verduistering is zeer nauwkeurig met den scheepskijker met kleurglazen kunnen waargenomen worden, het begin en einde der verduistering door het felle licht der zon minder juist.

Gedurende de totale verduistering was het zoo donker dat op verschillende plaatsen aan den hemel sterren te zien waren, stellig zooals hier een half uur na zons-ondergang 1). Om de zon en maan was gedurende de totale verduistering een zeer onregelmatige lichtkrans met een paar kleine zeer heldere violette lichtvlakken aan de boven- en onderzijde der maan 2).

Overigens hebben wij hier aan boord met de gewone kijkers niets anders kunnen observeeren, doch daar de totale verduistering der zon zoo zeldzaam te zien is, zoo heb ik gemeend deze gebrekkige waarnemingen toch aan UHEG te moeten mededeelen.

De kapitein Luit. t/z kommandant
(w. g.) C. A. L. H. VAN HEECKEREN.

Bij deze missive was gevoegd de volgende bijlage:

Observatiën gedaan bij de zonsverduistering op den 18den Augustus 1868, te Amboina, aan boord Zr. Ms. Stoomkorvet Prinses Amelia.

Begin der bedekking te	1^u	41^m	0^s	M.	T.	Amboina
Begin der totale verduistering	2^u	57^m	8^s	〃	〃	〃
Einde 〃 〃 〃	3^u	1^m	54^s	〃	〃	〃
Einde der bedekking	4^u	9^m	50^s	〃	〃	〃

Het begin der bedekking is minder nauwkeurig kunnen geobserveerd worden, zoomede zouden wij aan de laatste observatie niet zooveel waarde hechten, als aan de waarneming van het begin en einde der totale verduistering.

De midd. tijd is bepaald door eene waarneming van den vorigen en eene van den volgenden dag.

De vlaggestok werd bij de observatie gepeild ZO t O 290 el 3).

De Luit. t/z 2e klasse.
(w. g) BOWLES.

AANTEEKENINGEN BETREFFENDE DEZE MEDEDEELING.

1) Dit komt dus geheel met mijne schatting overeen.

2) Ofschoon deze volzin niet recht duidelijk is, geloof ik toch dat de bedoeling is, dat er aan den bovenrand twee en aan den onderrand ook twee protuberancen gezien zijn, dezelfde die wij ook opgemerkt hebben. Ambon lag namelijk ook zeer nabij de centrale lijn der schaduw.

3) Hieruit volgt dat de Amelia 8 sekunden westelijker en 5 sekunden noordelijker lag dan de vlaggestok, waaruit voor de Amelia O.L 128° 9′ 32″ Z.Br. 3° 41′ 25″.

Over de waarnemingen aan Kaap Baram.

In de Straits-times van 3 October 1868 vindt men een uittreksel uit het officiëele verslag van den gouverneur van Laboean, den hr. J. POPE HENESSY, en van de waarnemingen van kapitein REED en de officieren van het Engelsche opnemings-vaartuig Rifleman. De waarnemingsplaats was Kaap Baram, op de Noordwestkust van Borneo op 4° 37′ 15′ N. Breedte en 113° 58′ 28″ O. Lengte gelegen.

Uit het verslag blijkt dat aldaar dezelfde protuberancen gezien zijn als door ons op het eiland Mantawaloe-kéké. De totaliteit duurde er 6 minuten eu 12 sekunden, dus bijna eene minuut langer dan bij ons. Er werd geene de minste verandering waargenomen in de magneetnaald, ook bewoog of slingerde zij niet bij het weder verschijnen der zonnevlekken 1.)

De thermometer in de schaduw bleef van 10 uur tot het einde der geheele eklips onveranderd op 85° Fahrenheit, doch toen, te 2^u 48^m, rees hij op 86°.

De thermometer met droogen bol, in het zonlicht gehangen, daalde van 96° tot 85° en klom weder van 85° tot 96°, toen de zon weder te voorschijn trad.

De thermometer met natten bol daalde bij de totale eklips van 83°,5 tot 83° en rees tot 89° bij het einde van de geheele eklips 2).

De barometer daalde gedurende de eklips van 29,96 tot 29,91 E. duim 3).

Het effect van de duisternis gedurende de totale eklips wordt door kapitein REED beschreven als zeer na gelijkende op dat, hetwelk teweeggebracht wordt, wanneer men een landschap door een glas beschouwt, dat eene lichte „neutral tint" heeft. Deze vergelijking komt het meest met mijne herinnering van het verschijnsel overeen.

Daar ook hier gewone scheepskijkers gebruikt werden, zal ik enkel aanhalen de waargenomene tijden van begin en einde der totale eklips. Deze waren:

Begin 1^u 23^m $13^s,8$
Einde 1^u 29^m $25^s,3$

AANTEEKENINGEN BETREFFENDE DEZE MEDEDEELING.

1) Deze waarneming, die een negatief resultaat gegeven heeft, werd zonder twijfel daarom gedaan, omdat door WOLF te Zürich voor een tiental jaren gevonden is, dat er hoogstwaarschijnlijk een verband bestaat tusschen de zonnevlakken en de onregelmatigheden in de declinatie van de magneetnaald.

2) Hieruit blijkt, dat de thermometer met natten bol ook in het zonlicht gehangen heeft, hetgeen geheel verkeerd is.

3) Deze daling van den barometerstand moet niet als een onmiddellijk gevolg van de eklips beschouwd worden; hij daalt hier in Indië altijd gedurende den morgen, te Batavia bijv. is de hoogste stand gemiddeld des voormiddags te 9 uur, en de laagste stand des namiddags te 3 uur.

Berekening van de boven opgegevene, op vier plaatsen waargenomene tijden van begin en einde.

Doordien de opzending van dit verslag, om de hierboven vermelde redenen, vertraagd is geworden, heb ik den tijd gehad, de waargenomene tijden van begin en einde der eklips, op het eiland Mantawaloe-kéké, te Gorontalo, Ambon en kaap Baram aan de berekening te onderwerpen.

Ik gebruikte daarbij de methode van CHALLIS, beschreven in het Appendix van den Nautical-Almanac van het jaar 1854, met verbetering van eene vroeger reeds door mij gevondene onnauwkeurigheid in eenige der formules.

Deze berekening gaf de volgende resultaten. — Noem:

t de correctie van den tijd der waarneming.
τ de correctie van de aangenomene oosterlengte,
x die van de rechte opklimming der maan,
y 〃 〃 den noordpoolsafstand 〃 〃
e 〃 〃 de rechte opklimming der ster,
f 〃 〃 den noordpoolsafstand 〃 〃
ν 〃 〃 het aangenomene complement van breedte,
m 〃 〃 de horizontale parallaxis der maan,
n 〃 〃 den schijnbaren straal der maan,
δs 〃 〃 〃 straal der zon,

allen uitgedrukt in boogsekunden, uitgezonderd m en n, die uitgedrukt zijn in duizendste deelen, respectivelijk der parallaxis en van den straal, dan gaf de berekening:

VOOR MANTAWALOE-KÉKÉ.

Begin gedeeltelijke eklips

$$+11'',55 = -0{,}362t + 0{,}590\,\tau - 0{,}886x + 0{,}871e - 0{,}454y + 0{,}448f + 0{,}008\,\nu + 1{,}264m - 1{,}021\,n - \delta s$$

Begin totale eklips

$$+\ 6'',6 = -0{,}394t + 0{,}583\,\tau - 0{,}897x + 0{,}884e - 0{,}362y + 0{,}355f + 0{,}006\,\nu + 2{,}213m - 1{,}019\,n + \delta s$$

Einde totale eklips

$$+\ 2'',4 = +0{,}428t - 0{,}603\,\tau + 0{,}886x - 0{,}875e + 0{,}539y - 0{,}530f - 0{,}009\,\nu - 2{,}373m - 1{,}0185n + \delta s$$

Einde gedeeltelijke eklips

$$-\ 1'',15 = +0{,}468t - 0{,}587\,\tau + 0{,}882x - 0{,}877e + 0{,}444y - 0{,}434f - 0{,}008\,\nu - 2{,}930m - 1{,}015\,n - \delta s$$

VOOR GORONTALO.

Begin totale eklips

$$+\ 3'',5 = -0{,}100t' + 0{,}271\,\tau' - 0{,}648x + 0{,}636e + 0{,}767y - 0{,}757f - 0{,}013\,\nu + 0{,}917m - 1{,}019\,n + \delta s$$

Einde totale eklips

$$-\ 1'',6 = +0{,}180t' - 0{,}142\,\tau' - 0{,}009x + 0{,}007e + 1{,}014y - 1{,}000f - 0{,}018\nu' - 0{,}633m - 1{,}019\,n + \delta s$$

VOOR AMBON.

Begin totale eklips

$$+\ 7'',3 = -0{,}406t' + 0{,}517\,\tau'' - 0\ 698x + 0{,}691e - 0{,}716y + 0{,}705f + 0{,}012\,\nu'' + 2{,}400m - 1{,}017\,n + \delta s$$

Einde totale eklips

$$-\ 4'',9 = +0{,}420t' - 0{,}600\,\tau'' + 0{,}972x - 0{,}960e + 0{,}179y - 0{,}175f - 0{,}002\nu'' - 2{,}707m - 1{,}017\,n + \delta s$$

VOOR KAAP BARAM.

Begin totale eklips

$$+\ 5''.95 = -0{,}370t' + 0{,}599\tau''' - 0{,}919x + 0{,}904e - 0{,}380y + 0{,}373f + 0{,}007\nu''' + 1{,}363m - 1{,}021\,n + \delta s$$

Einde totale eklips

$$-\ 4'',3 = +0{,}374t' - 0{,}578\tau''' + 0{,}848x - 0{,}835e + 0{,}525y - 0{,}515f - 0{,}010\nu''' - 1{,}417m - 1{,}021n + \delta s$$

In deze vergelijkingen is het teeken der coëfficiënten van τ anders als bij CHALLIS genomen, omdat bij hem de westerlengte positief genomen wordt, terwijl ik oosterlengte positief heb aangenomen. Het zijn de volledige formules zooals de methode van CHALLIS ze oplevert, maar voorloopig zijn het alleen de tweede en de twee laatste termen van het tweede lid die ons belang inboezemen. Daar de laatste term op één na, niets anders beteekent dan de correctie van den schijnbaren maansstraal, en deze voor al de waarnemingen nagenoeg gelijk is, zullen wij haar δR noemen, dan geeft de totale eklips alleen:

voor Mantawaloe-kéké:	$\tau = +\ 7^s{,}8$	$\delta R - \delta s$	$= -\ 2'',2$
〃 Gorontalo	$\tau' = +\ 12^s{,}0$		$= -\ 0'',2$
〃 Ambon	$\tau'' = +\ 11^s{,}0$		$= -\ 1'',65$
〃 Kaap Baram	$\tau''' = +\ 8^s{,}7$		$= -\ 0'',7$

Deze uitkomsten geven tot de volgende opmerkingen aanleiding: al de plaatsen komen door de eklips oostelijker, en wel nagenoeg evenveel, hetgeen pleit voor de juistheid der aangenomene lengteverschillen. Er blijkt met eenige waarschijnlijkheid uit, dat de waarnemers van het Engelsche opnemingsvaartuig Rifleman hunne lengten afleidden van de door mij bepaalde lengte van Batavia. Het lengte-verschil van Gorontalo en Mantawaloe-kéké zou door de eklips $4,^s2$ anders uitvallen als ik heb aangenomen; daar het echter door eene reis van één dag bepaald is, moet het ver binnen die grens nauwkeurig bekend zijn.

Maar deze afwijking moet geene verwondering baren, want de waarde van τ', de correctie der aangenomene lengte van Gorontalo, is niet zoo nauwkeurig als die van τ, τ'' en τ''', de andere correcties der aangenomene lengten, uit hoofde van de veel kleinere coëfficiënt van τ', welke kleinheid weder het gevolg is van de ligging van Gorontalo, nabij de grens der schaduw.

Evenmin is uit de beide, voor Gorontalo gevondene vergelijkingen eene nauwkeurige waarde voor $\delta R - \delta s$ af te leiden. Want terwijl in de beide vergelijkingen, die betrekking hebben op begin en einde der totale eklips, op andere plaatsen waargenomen, de teekens van y en f verschillen, zijn die tee-

kens bij de voor Gorontalo geldende vergelijkingen dezelfde; zelfs x en e worden ook door de optelling der beide voor Gorontalo geldende vergelijkingen niet geëlimineerd, en de uit Gorontalo afgeleide correctie $\delta R - \delta s = - 0{,}''2$ is dus onzeker.

De andere drie geven gemiddeld

$$\delta R - \delta s = - 1{,}''5.$$

Als dus de straal der zon in den Nautical-almanac volkomen juist wordt opgegeven, dan moet die der maan met 1,″5 verminderd worden. Wil men ook de correctie van den straal der zon vinden, dan moet de waarneming van het einde der gedeeltelijke eklips ook gebruikt worden.

Uit de beide laatste voor Mantawaloe gevondene vergelijkingen volgt:

$$\begin{aligned} 2\,\delta s = - 1{,}''25 &+ 0{,}\,04\,t + 0{,}\,02\,\tau \\ &- 0{,}004\,x - 0{,}002\,e \\ &- 0{,}095\,y + 0{,}096\,f \\ &+ 0{,}001\,\nu \\ &- 0{,}577\,m + 0{,}0035\,n\,; \end{aligned}$$

waaruit, met verwaarloozing van alle termen behalve dien, welke m bevat:

$$\delta s = - 0{,}''6 - 0{,}29\,m.$$

Doch de laatste term kan ook gerust verwaarloosd worden, want al bedroeg de correctie der maansparallaxis één sekunde, hetgeen niet waarschijnlijk is, dan was m toch maar gelijk aan $\frac{1}{3{,}67} = \frac{3}{11}$, en de waarde van $0{,}29\,m$ zou niet meer bedragen dan 0,″08.

De waarneming dus als volkomen juist aannemende, zouden wij verkrijgen:

$$\begin{aligned} \delta R - \delta s &= - 1{,}''5 \\ \delta s &= - 0{,}''6 \\ \hline \text{dus } \delta R \qquad &= - 2{,}''1 \end{aligned}$$

zeer na overeenstemmende met de vroeger door mij gevondene waarde.

Nemen wij de tijden der waarneming en de lengten der waarnemingsplaatsen als juist aan, dan vervallen de beide eerste

termen der tweede leden van al de vergelijkingen; nemen wij bovendien het verschil van de vergelijkingen die op het begin en het einde der totale eklips betrekking hebben, dan vervallen ook de beide laatste.

Nemen wij nu voor de coëfficiënten van x en e dezelfde getallen aan, daar zij toch weinig van elkander verschillen, en evenzoo voor die van y en f, dan verkrijgen wij voor de vier waarnemingsplaatsen.

$$-5,''1 = (x - e) + 0,50\,(y - f) - 2.6\,m$$

$$-8,0 = (x - e) + 0,39\,(y - f) - 2.4\,m$$

$$-7,4 = (x - e) + 0,55\,(y - f) - 3.1\,m$$

$$-5,8 = (x - e) + 0,50\,(y - f) - 1.6\,m$$

welke vergelijkingen eene boven verwachting schoone overeenkomst geven. Het arithmetisch midden uit alle vier is:

$$-6,''6 = (x - e) + 0,485\,(y - f) - 2.4\,m$$

Verwaarloost men in deze vergelijking den laatsten term, dan kan men hare meetkunstige beteekenis aangeven.

Zij verandert dan in:

$$-6,''6 = (x - e) + 0,485\,(y - f),$$

de vergelijking van eene rechte lijn, waarvan de beteekenis aldus moet opgevat worden:

Wanneer men vooronderstelt dat de aangenomene plaats der zon aan den hemel geheel nauwkeurig is, dan bevindt zich het middelpunt der maan, ingevolge de waarnemingen der totale eklips, op eene rechte lijn, die de parallel van de aangenomene plaats van dat middelpunt snijdt, op eenen afstand, rechts van dat middelpunt, van 6,″6, en die den declinatie-cirkel van dat middelpunt snijdt, op eenen afstand van 13,″6, noordelijk van dat middelpunt, — eene lijn, die met dien declinatie-cirkel eenen hoek van 25° 20′ maakt.

NASCHRIFT.

Na de indiening van dit Verslag heb ik de lengten der hoofdpunten Makasar, Menado enz. herzien, daar de medegedeelde berekening der eklips de lengten allen oostelijker gaf dan ik aangenomen had. Het resultaat is, dat, zoo als mijne bepalingen thans aanwezig, de volgende correcties aan de aangenomen lengten aangewezen zijn:

Mantawaloe	Gorontalo	Ambon
$+ 1^s,2$	$+ 1^s,35$	$+ 1^s,2$

zoodat de totale eklips de lengten nog altijd te oostelijk aangeeft.

$+ 6^s,6$	$+ 10^s,65$	$+ 9^s,83$

De eindvergelijkingen op blz. 117 moeten hiernaar gewijzigd worden.

Ik moet hierbij opmerken, dat sedert het begin van 1865 de sterrebedekkingen die ik hier heb waargenomen, ook hoe langer hoe meer oostelijke lengten van Batavia hebben gegeven, waardoor ik op het vermoeden gekomen ben, dat de maanstafels van HANSEN, waarnaar de maansplaatsen in den Nautical-Almanac berekend worden, nu reeds de regte opklimmingen der maan te groot aangeven.

Mijne eerste bepaling van de lengte van Batavia berustte hoofdzakelijk op een 17-tal goed met elkander overeenstemmende sterrebedekkingen, en de maansplaatsen uit de tafels van HANSEN zelf afleidende, kreeg ik voor de tijdklep $7^u\ 7^m\ 12^s,5$ oost. van Greenwich. In het jaar 1864 gaf eene zinsnede over mijne lengte-bepaling van Batavia in het „Nautisch-„physikalische Theil der Reisebeschreibung der österr. Fregatte „Novara" door den gewezen kommandant der Novara, den Vice-Admiraal VON WÜLLERSTORF URBAIR, mij aanleiding, nog 10, sedert het vaststellen van het even genoemde getal waargenomene bedekkingen te berekenen, en het waarschijnlijkste resul-

taat van dit onderzoek week slechts —0s,1 af van het vorige (Natuurk. Tijdschrift, Deel XXVII). Sedert heb ik nog de volgende bedekkingen waargenomen, die alle eene positieve correctie der lengte gaven.

9	Mei	1865	λ Virginis	I.	Correctie der lengte	+	1s,3
17	Juni	〃	ε Piscium	U.	〃 〃 〃	+	4 ,05
4	Juli	〃	ζ' Librae	I.	〃 〃 〃	+	3 ,4
5	Aug.	〃	ε^2 Sagittarii	I.	〃 〃 〃	+	7 ,8
3	Sept.	〃	ν Aquarii	I.	〃 〃 〃	+	0 ,8
8	Maart	1866	*BAC* 5579	U.	〃 〃 〃	+	2 ,3
29	Juli	〃	θ Aquarii	I.	〃 〃 〃	+	12 ,6
				U.	〃 〃 〃	+	5 ,4
19	Aug.	〃	*BAC* 5579	I.	〃 〃 〃	+	3 ,2
				U.	〃 〃 〃	+	3 ,5
24	Sept.	〃	Lal. 134	I.	〃 〃 〃	(+	2 ,1)
12	Aug.	1867	ϱ' Sagittarii	I.	〃 〃 〃	+	7 ,9
				U.	〃 〃 〃	+	13 ,6

De bedekking van Lal. 134 werd waargenomen terwijl de maan totaal geëklipseerd was. Hoewel Lalande en Bessel vrij goed met elkander overeenstemmen, dient de plaats der ster nog nader bepaald te worden, om het resultaat gelijk stemrecht als aan de anderen toe te kennen. Om te onderzoeken of mijn boven geuit vermoeden grond had, had ik alleen ter mijner beschikking de „Washington Observations 1865” en de „Resultate der Mondbeobachtungen in Pulkowa, 1865;” het werd door beide bevestigd. Ik vond daaruit namelijk:

CORRECTIE DER MAANS-EPHEMERIDE.

1865	Washington	Pulkowa	Gemidd.	Factor	Prod.	Corr. der lengte
Mei 9	—0s,16	— 0s,15	— 0s,155	30,0	— 4s,65	— 3s,35
Juni 17	—0 ,37	+ 0 ,01	— 0 ,18	26,3	— 4 ,7	— 0 ,65
Juli 4	—0 ,26	— 0 ,10	— 0 ,18	28,5	— 5 ,1	— 1 ,7
Aug. 5	—0 ,16	— 0 ,35	— 0 ,255	25,2	— 6 ,4	+ 1 ,4
Sept. 3	—0 ,20	— 0 ,30	— 0 ,25	25,3	— 6 ,3	— 5 ,5
						— 2s,0

Het teeken der correctie wordt dus nu omgekeerd *). Ongelukkig komen wij bij zoo kleine correcties als $0^s,15$ tot $0^s,25$ geheel in het gebied der personeele fouten, die bijna 30 maal vergroot op de lengte overgaan, en daarom acht ik om de kwestie te beslissen, het onderzoek noodzakelijk of de sterrebedekkingen, waargenomen op plaatsen in Europa, waarvan de lengte goed bekend is, ook sedert 1864 doorloopend eene te oostelijke lengte gegeven hebben en zoo ja hoeveel? Ik ben ongelukkig niet bij machte dit onderzoek zelf te doen bij gebrek aan de meeste jaarboeken der sterrewachten; de Greenwich Observations bijv., die hier in de eerste plaats uitsluitsel zouden moeten geven, mis ik. Ik merk hier ten slotte nog op, dat de Radcliffe Observations van 1862 en 63 — latere jaargangen heb ik niet — vrij constant eene sterke *positieve* correctie der maans-regte-opklimmingen aangeven, zoodat één van drieën waar moet zijn, òf de gemiddelde fout der maans-rechte-opklimmingen naar de tafels van HANSEN is van 1863 op 64 van teeken veranderd, òf er zijn hier weder personeele of instrumenteele fouten in het spel, òf de te Washington en te Pulkowa aangenomene lengten eischen nog eene correctie. Ik zou a priori de middelste hypothese het waarschijnlijkst oordeelen, maar het is natuurlijk nader te onderzoeken.

Batavia, 30 April 1869.

P. S. Omtrent de *lichtkroon* bij eene totale eklips, is bij mij de hypothese opgekomen, dat althans de rechte stralen ontstaan door eene verlichting van dezelfde in den ether zwevende deeltjes — aan deze zijde der maan — die in het algemeen het zodiakaallicht veroorzaken, door de langs de maan strijkende zonnestralen. Dit aannemende worden de onregelmatigheden in die stralen door de oneffenheden der maansoppervlakte verklaard. Bij nevelachtige lucht zag ik dergelijke afgebrokene stralen, toen de maan achter een heuvel te voorschijn zou komen, maar nog even achter den heuvel verborgen was.

O.

---

*) Het behoeft nauwelijks vermelding dat ik geene aanleiding hierin vind om in de steeds aangenomen lengte van Batavia eene verandering te brengen.

INHOUD

VAN

DEEL IV. — STUK 1.



GEDRUKT BIJ DE BOEVER - KRÖBER - BAKELS.

VERSLAGEN EN MEDEDEELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

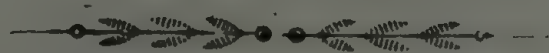
VAN

WETENSCHAPPEN.

Afdeeling NATUURKUNDE.

TWEEDE REEKS.

Vierde Deel. — Tweede Stuk.



AMSTERDAM,
C. G. VAN DER POST.
1869.

BEREKENING VAN DE HOEVEELHEID WATER,

DIE BIJ HOOGEN RIVIERSTAND

DOOR DE AANWEZIGE DWARSPROFILLEN VAN

NEDER-RIJN EN LEK

KAN AFSTROOMEN,

DOOR

G. VAN DIESEN.

Aangeboden in de Vergadering der Akademie van Wetenschappen van 25 September 1869.



Eene toepassing op de rivier de Neder Rijn en Lek van gelijksoortige berekening als omtrent de Waal is opgenomen in de *Verslagen en Mededeelingen* der koninklijke Akademie van Wetenschappen, Afdeeling Natuurkunde, 2de Reeks, Deel III, bl. 166, wordt in de volgende bladzijden aangeboden.

Ten einde de uitkomsten der berekening met die van de Waal te kunnen vergelijken en zoo noodig te zamen gebruiken zijn dezelfde beginselen bij de berekening tot grondslag gelegd.

Er is ook gebruik gemaakt van de opnemingen en peilingen, die door ambtenaren van den waterstaat, van 1839 tot 1843, zijn gedaan van den Neder Rijn en Lek en verzameld zijn uitgegeven in een „Register der peilingen, behoorende tot de „kaart der rivieren de Neder Rijn, de Lek en de Nieuwe Maas „van den hoofddam te Pannerden tot Brielle.”

Uit dit Register is getrokken de als Bijlage N° 1 hierbij gevoegde tafel van de breedte van den waterspiegel bij middelbaren rivierstand (M. R.) en bij hoogen rivierstand (H. R.)

van den inhoud van het vlak der doorsnede bij M. R. en van de gemiddelde en grootste diepte beneden M. R., alles betrekking hebbende op de rivieren de Neder Rijn en de Lek.

Ook is de Staat (Bijlage N° 2) van de hoogten der Uiterwaarden en de daarop aangelegde kaden en werken ten tijde dier opnemingen uit dat Register zamengesteld.

Even als voor de Waal schonken ook voor de Neder Rijn en Lek de gedrukte verzamelingen van dagelijksche waarnemingen der hoogte van het water tot het doen dezer berekening de gelegenheid.

De plaatsen, waar deze waarnemingen gedaan worden, geven van zelve de splitsing aan van de rivier in vakken. Deze vakken ten getale van negen zijn de navolgende.

1.	van Pannerden tot Arnhem	bevattende	15	peilraaijen	van	I	tot	XV.
2	„ Arnhem tot Grebbe	„	24	„	„	XVI	„	XXXIX.
3.	„ Grebbe tot Rhemmerden	„	6	„	„	XL	„	XLV.
4.	„ Rhemmerden tot Wijk bij Duurstede	„	16	„	„	XLVI	„	LXI.
5.	„ Wijk bij Duurstede tot Kuilenburg	„	12	„	„	LXII	„	LXXIII.
6.	„ Kuilenburg tot Vreeswijk	„	11	„	„	LXXIV	„	LXXXIV.
7.	„ Vreeswijk tot Jaarsveld	„	10	„	„	LXXXV	„	XCIV.
8.	„ Jaarsveld tot Schoonhoven	„	11	„	„	XCV	„	CV.
9.	„ Schoonhoven tot Krimpen	„	17	„	„	CVI	„	CXXII.

Voor de *hoogte van de Uiterwaarden* is ook bij deze rivier aangenomen eene van 2.00 M boven den middelbaren rivierstand (M. R)

Eene inzage van den Staat (Bijlage N° 2), getrokken uit het bovengemelde register, zal doen ontwaren, dat de Kaden en andere hindernissen op de Uiterwaarden op verscheidene plaatsen grootere hoogte bereiken dan 2,00 M. + M. R.

De overweging kan echter ook hier gelden, dat zoodanige verhooging gewoonlijk in het dwarsprofil niet over de volle breedte van den Uiterwaard voorkomt, en dat door het aannemen eener doorgaande hoogte van 2,00 M niet ver van de waarheid wordt afgeweken.

Alleen voor het laatste vak, dat van Schoonhoven tot Krimpen, zou volgens de opgaven in den Staat (Bijlage N° 2) die hoogte wat te ruim wezen, en is dus voor de gemiddelde hoogte van den Uiterwaard 1,50 M boven M. R. aangenomen.

De *hoogte van den middelbaren rivierstand* (M. R.), die in het Register van peilingen is aangenomen, werd bij deze berekening behouden, ten einde de gegevens, aan dat Register ontleend, onveranderd te kunnen gebruiken.

De vervaardigers van dat Register hebben voor den middelbaren rivierstand te Pannerden, Arnhem, Wijk bij Duurstede, Kuilenburg en Vreeswijk aangenomen het gemiddelde uit den rivierstand van 27 April tot 4 Mei 1836, in welken tijd de rivier vrij bestendig op dezelfde hoogte, ongeveer op M. R., bleef.

Voor Schoonhoven en Krimpen kon het gemiddelde der waargenomen hoogte van die dagen niet als middelbare rivierstand worden beschouwd. De afwijking van hetgeen daarvoor tot dien tijd was aangenomen was door de eene of andere oorzaak te groot.

In het Register heeft men dus voor die beide plaatsen als M. R. aangenomen het gemiddelde der zomermaanden (van 1° Mei tot 31 October) van 1827.

Aan de Grebbe, te Rhemmerden en Jaarsveld werden destijds nog geene geregelde waarnemingen gedaan. Ten behoeve der berekening is de middelbare rivierstand voor die plaatsen uit de andere door interpolatie met inachtneming der later waargenomen verhangen bepaald.

Alzoo zijn de volgende waterstanden als de M. R. beschouwd en gebruikt bij de berekening.

Pannerden	10,62	M	+	AP.
Arnhem	8,95	"	"	"
Grebbe	6,24	"	"	"
Rhemmerden	5,71	"	"	"
Wijk bij Duurstede	4,44	"	"	"
Kuilenburg	3,36	"	"	"
Vreeswijk	2,40	"	"	"
Jaarsveld	1,87	"	"	"
Schoonhoven	1,25	"	"	"
Krimpen	1,06	"	"	"

De *hooge Waterstand* van April 1845 is op de Neder Rijn en Lek slechts te Pannerden, Arnhem en Vreeswijk waargenomen.

Ten einde de berekening op al de vakken te kunnen toepassen, is van den hoogen stand bij open water van Februarij 1862 uitgegaan. Deze stand is

te Pannerden 0,30 M
〃 Arnhem 0,27 〃
en 〃 Vreeswijk 0,58 〃 gebleven beneden die van 1845 en dus met uitzondering van Vreeswijk weinig lager dan die van 1845 geweest.

Een rivierstand gesteld op een Meter boven den hoogsten stand van Februarij 1862 kan tusschen de dijken van Neder Rijn en Lek als mogelijk worden ondersteld.

Hij werd bij den ijsgang in de jaren 1805, 1809 en 1855 nagenoeg bereikt en in sommige vakken zelfs overtroffen, en de dijken kunnen hem op de meeste punten keeren, zoo als blijkt uit de nevenstaande opgaven, ontleend, wat de dijkshoogten aangaat, uit de Tabel der noodpeilen of kruinshoogte der dijken in 1863, vastgesteld door den Minister van Binnenlandsche Zaken, bij beschikking van 16 Junij 1863, N° 172, 3e Afdeeling.

PLAATSEN.		Hooge waterstand bij open water van Februarij 1862.	Vermeerderd met 1 M.	Hooge waterstanden bij ijsgang. Jaar.	Hooge waterstanden bij ijsgang. Hoogte.	Dijkshoogte in 1868. (Noodpeilen)
		M + AP	M + AP		M + AP	
Keulen.		44,27	45,27	1784	48,33	〃
Emmerik.		17,27	18,27	1861	18,24	〃
Pannerden.		14,46	15,46	1809	15,70	15,98
Arnhem.		12,90	13,90	1855	13,86	13,81
Grebbe.		10,19	11,19	1855	11,21	12,00
Rhemmerden.		9,08	10,08	1855	10,60	10,50
Wijk bij Duurstede.		7,79	8,79	1855	8,40	8,83
Kuilenburg.		6,54	7,54	1855	7,48	7,35
Vreeswijk.		5,67	6,67	1805	6,35	6,52
Jaarsveld.		4,97	5,97	1855	5,03	5,94
Schoonhoven.	L W	3,75	4,75	1855	4,01	5,35
	H W	3,80	4,80	1855		
Krimpen.	L W	1,53	2,53	1855	2,15	3,70
	H W	1,77	2,77	1855		

Bij Krimpen is genomen de H. W. van den 9de, zijnde blijkbaar onder den invloed van het hooge opperwater, ofschoon den 6de, toen zich die invloed nog niet kon doen gevoelen, zich een stand van 1,99 heeft voorgedaan.

Het verhang bij den aangenomen hoogen waterstand is berekend en in de volgende tabel opgenomen.

PLAATSEN	Afstand der peilschalen.	Aangenomen hoogte voor den middelbaren stand. M R.	Hoogte van den ondersteldem hoogen rivierstand boven		Verhang van den Waterspiegel	
			A P.	M R.	Totaal.	Per M.
	M	M	M	M	M	
Keulen.			45,27	〃		
	161410				27,00	0,0001672
Emmerik.			18,27	〃		
	19160				2,81	0,0001466
Pannerden.		10,62	15,46	4,84		
	13040				1,56	0,0001196
Arnhem.		8,95	13,90	4,95		
	24300				2,71	0,0001115
Grebbe.		6,24	11,19	4,95		
	4700				1,11	0,0002361
Rhemmerden.		5,71	10,08	4,37		
	16675				1,29	0,0000774
Wijk bij Duurstede.		4,44	8,79	4,35		
	11670				1,25	0,0001071
Kuilenburg.		3,36	7,54	4,18		
	10755				0,87	0,0000808
Vreeswijk.		2,40	6,67	4,27		
	10250				0,70	0,0000682
Jaarsveld.		1,87	5,97	4,10		
	11000				1,22	0,0001109
Schoonhoven.	L W	1,25	4,75	3,50		
	16950				2,22	0,0001310
Krimpen.	L W	1,06	2,53	1,47		
		1,87	5,97	4,10		
	11000				1,17	0,0001063
Schoonhoven.	H W	1,25	4,80	3,55		
	16950				2,03	0,0001197
Krimpen.	H W	1,06	2,77	1,71		

Het in het oog vallend sterk verhang tusschen de Grebbe en Rhemmerden vertoont zich ook bij minder hooge waterstanden; ofschoon in mindere mate. Zelfs bij den middelbaren rivierstand is het verhang in dit riviervak iets sterker dan dat van de aansluitende vakken. Aan de mindere ruimte van dit riviervak is ongetwijfeld de opstuwing toe te schrijven, die door het beschouwde sterkere verhang wordt aangeduid.

Het zeer flaauwe verhang tusschen Rhemmerden en Wijk bij Duurstede doet zich bij hoog opperwater zonder ijsgang altijd voor.

Bij M R. wordt in dit riviervak nagenoeg datzelfde verhang gevonden.

Het sterke verhang tusschen Schoonhoven en Krimpeu vertoont zich alleen bij dezen hoogen rivierstand. Bij lagere standen en bij M R. heeft juist het omgekeerde plaats; dan is het verhang in dit riviervak flaauwer dan in het voorafgaande vak.

Al die onregelmatigheden in de verhanglijn hangen zamen met de afwijkingen der achtereenvolgende dwarsprofillen der rivier van het gevorderde normale profil bij hoogen waterstand.

De hierna volgende tabel, waarin voor de naauwkeurigheid der berekening eene splitsing is gemaakt tusschen de profillen op den Uiterwaard en in de rivier, doet onder anderen die afwijkingen duidelijk blijken.

Nummer van het riviervak.	Peilraaijen waaruit de gemiddelden zijn genomen.	Aangenomen waterhoogte boven M R gemiddeld in het geheele vak.	Grootste diepte beneden 2,00 M + M R. (Zie Bijlage 1.)	Breedte van de rivier bij M R. (Zie Bijlage 1.)	Breedte van de uiterwaarden. (Zie Bijlage 1.)	Inhoud van het profil der rivier. Bij M R. (Zie Bijlage 1.)	Inhoud van het profil der rivier. Bij den aangenomen waterstand.	Inhoud van het profil op de uiterwaarden.	Aanmerkingen.
		M	M	M	M	M^2	M^2	M^2	
1	I—XV. Pannerden—Arnhem.	4,90	9,93	232	1109	630	1766	3216	
2	XVI—XXXIX. Arnhem—Grebbe.	4,95	10,17	203	1036	600	1604	3056	
3	XL—XLV. Grebbe—Rhemmerden.	4,66	6,98	180	434	565	1404	1154	
4	XLVI—LXI. Rhemmerden—Wijk bij Duurstede.	4,36	10,44	194	1243	651	1496	2933	
5	LXII—LXXIII. Wijk bij Duurstede—Kuilenburg.	4,27	8,67	223	739	673	1625	1677	
6	LXXIV—LXXXIV. Kuilenburg—Vreeswijk.	4,23	10,20	266	606	665	1790	1351	
7	LXXXV—XCIV. Vreeswijk—Jaarsveld.	4,19	9,03	262	657	640	1737	1438	
8	XCV—CV. Jaarsveld—Schoonhoven.	LW. 3,80	12,06	250	268	735	1685	482	
		HW. 3,83					1692	490	
9	CVI—CXXII. Schoonhoven—Krimpen.	LW. 2,48	(*) 14,44	298	173	866	1605	(*) 170	(*) Voor dit vak is de hoogte van den Uiterwaard genomen op 1,50 M + MR.
		HW. 2,63					1649	(*) 195	

Uit de gegevens van de voorgaande tabel zijn de snelheid en het vermogen voor de verschillende vakken berekend.

Hiertoe is wederom gebruik gemaakt van de formule

$$V = 53,813 \sqrt{\frac{I\alpha}{p}}$$

V is de snelheid;

I de inhoud van het profil;

α het verhang per Meter;

p de natte omtrek, waarvoor is genomen de breedte met driemaal de grootste hoogte;

53,813 het gemiddelde der vele waarnemingen door KRAIJENHOFF op de Nederlandsche hoofdrivieren gedaan.

	RIVIERVAK.	IN DE RIVIER.				
		Inhoud van het profil I.	Natte omtrek p.	Verhang α.	Snelheid volgens bovenstaande formule V.	Ver- moge V ×
		M²	M	M	M	M³
1	Pannerden—Arnhem.	1766	261	0,0001196	1,53	270
2	Arnhem—Grebbe.	1604	233	0,0001115	1,49	239
3	Grebbe—Rhemmerden.	1404	200	0,0002361	2,19	307
4	Rhemmerden—Wijk bij Duurstede.	1496	225	0,0000774	1,220	182
5	Wijk bij Duurstede—Kuilenburg.	1625	248	0,0001071	1,425	231
6	Kuilenburg—Vreeswijk.	1790	296	0,0000808	1,189	212
7	Vreeswijk—Jaarsveld.	1737	289	0,0000682	1,089	189
8	Jaarsveld—Schoonhoven.	LW. 1685	286	0,0001109	1,375	231
		HW. 1692		0,0001063	1,350	228
9	Schoonhoven—Krimpen.	LW. 1605	342	0,0001310	1,330	214
		HW. 1649		0,0001197	1,292	213

OP DE UITERWAARDEN.					Vermogen in de rivier en op de uiterwaarden te zamen.	
Inhoud van het profil I.	Natte omtrek p.	Verhang α.	Snelheid volgens bovenstaande formule V.	Vermogen V × I.		
M^2	M	M	M	M^3	M^3	
3216	1118	0,0001196	0,998	3210	5913	
3056	1045	0,0001115	0,972	2970	5361	
1154	442	0,0002361	1,336	1542	4617	De dijkbreuken van 1855 waren in deze riviervakken.
2933	1250	0,0000774	0,725	2127	3953	
1677	746	0,0001071	0,835	1400	3716	
1351	613	0,0000808	0,718	970	3099	
1438	664	0,0000682	0,654	940	2832	
482	273	0,0001109	0,753	363	2680	
490		0,0001063	0,745	366	2649	
170	174	0,0001310	0,609	3	2245	
195		0,0001197	0,623	122	2254	

Bij het inzien van de verzameling in de laatste kolom van bovenstaande tabel moet de aandacht vallen op de vermindering van het vermogen in de vakken rivieropwaarts gerekend, het vermogen namelijk van de rivier en op den uiterwaard te zamen genomen, en in het algemeen op de onregelmatigheid van het vermogen in de verschillende vakken, die denzelfden afvoer moesten vertoonen.

De oorzaak der onregelmatigheid mag zeker in de eerste plaats worden gezocht in het verhang, dat in sommige vakken zooals in 3 en 4 onder den bijzonderen invloed van plaatselijke gesteldheid kan verkeeren. — Van de naauwte van het derde vak, van Grebbe tot Rhemmerden, kan bijvoorbeeld eene opkropping van water nabij de peilschaal en daardoor een schijnbaar sterker verhang in het vak zelf en een schijnbaar flaauwer verhang in het voorafgaande vak bovenwaarts het gevolg wezen.

De hooge waterstand van Februarij 1862 staat in dit opzigt niet alleen.

Ook die van 1867 die de andere zeer nabij kwam vertoont eene gelijksoortige verhanglijn (Zie den staat Bijlage 4.)

Bij middelbaren stand verdwijnt die onregelmatigheid wel grootendeels maar niet geheel.

In de tweede plaats mag aan verandering in den vorm van het rivierbed een belangrijk deel der onregelmatigheid worden toegeschreven. Sedert en zelfs nog gedurende de opnemingen van 1839 tot 1843 kan de inhoud van het eene vak vergroot die van het andere verkleind wezen.

Het riviervak van Schoonhoven tot Krimpen zou onder anderen bij den ondersteldden hoogen rivierstand in vergelijking met de bovenliggende te weinig afvoeren.

De wederzijdsche dijken liggen in dat vak zeer digt aan de rivier.

Nu is het mogelijk dat de rivier sedert de peilingen, waaruit deze berekening ontleend is, zich zelve hier een ruimer bed heeft gevormd door verdieping.

In peilraai CXXII is ten minste door mij in 1861 eene

diepte gevonden van ongeveer 21 M, en dus bijna 8 Meter meer diepte dan in 1842 is gepeild.

In de derde plaats mag niet worden voorbijgezien dat een hooge waterstand, zooals die waarvan bij de berekening is uitgegaan, niet gedurende eenige dagen terzelfde hoogte het rivierbed vult, maar integendeel slechts weinige uren duurt en meer als een voorbij trekkende gulp is te beschouwen.

De hoogste waterstanden waaruit het verhang is berekend, ofschoon op één dag waargenomen hadden hoogstwaarschijnlijk op de verschillende punten langs de rivier niet tenzelfden tijde plaats.

De formule eindelijk die bij al de riviervakken tot berekening der snelheid is gebezigd, ook omdat zij bij de vroeger medegedeelde beschouwing van de Waal werd gebruikt, is welligt slechts binnen zekere grenzen toepasselijk en niet op al de beschouwde vakken van zoozeer verschillenden vorm, inhoud en verhang.

Herhaalde waarnemingen tijdens hooge waterstanden in de onderscheidene vakken en op meer punten moeten de grenzen, binnen welke de formule geldig is, nader doen uitmaken.

Zoolang dit niet is geschied is men met de voorhanden gegevens niet tot naauwkeuriger berekening in staat, en kan men op de vraag in welke der vakken het ware vermogen van Neder Rijn en Lek bij den onderstelden hoogen stand wordt aangetroffen moeijelijk een juist antwoord geven. Zeker is zulks niet het geval met het *eerste* vak, omdat ongeveer een derde van het door dat vak afgevoerde water door den IJssel wordt opgenomen; het laatste vak voert, ten gevolge van vermoedelijke verdieping van den bodem, sedert de peilingen zijn gedaan, die bij deze berekening tot grondslag zijn gelegd, waarschijnlijk *meer* af dan deze berekening aangeeft.

De daar tusschen gelegen vakken komen het meeste aan de waarheid nabij; vooral indien men van de vakken 2, 3 en 4 het gemiddelde neemt. Deze vormen, namelijk door de opkropping bij de Grebbe, eene anomalie.

Daar de bijvoeging van 1 Meter aan den hoogen waterstand

van 1862 invloed op de boven beschreven uitkomst kon hebben uitgeoefend is ook het vermogen in de verschillende vakken berekend voor dien waterstand zelf zonder eenige bijvoeging.

De staten (Bijlage N°s 5 en 6) aan het slot dezer mededeeling doen zien, dat het verschil in de onderscheidene vakken ongeveer op dezelfde wijze is blijven bestaan.

Door de waarnemingen te Bislich heeft men echter gelegenheid tot toetsing van den uit die waarnemingen berekenden afvoer aan het hier berekende vermogen.

Volgens die waarnemingen toch bedroeg de grootste afvoer van den Bovenrijn (Zie verhandelingen van het Kon. Instituut van Ingenieurs 1863—1864) in Februarij 1862 minstens 13000 M^3.

Stelt men dat de Oude Rijnmond gewerkt heeft met de snelheid van 1 Meter dan kan de afvoer van dien overlaat op 900 M^3 geschat worden. Hiervan komt $^1/_3$ op den IJssel. De andere $^2/_3$ blijven op den Neder Rijn en Lek zijnde 600 M^3

Van de overige 12100 M^3 is nog $^2/_9$ voor den Neder Rijn en Lek te nemen, zijnde 2688 „

Te zamen 3288 M^3.

strookende zeer goed met het gemiddelde uit de vermogens der vakken na aftrek van het 1ste en 9de.

Neemt men op gelijke wijs het gemiddelde uit de vermogens bij den waterstand die bij de berekening is ondersteld van 1 Meter boven die van Februarij 1862 met weglating van het 1e en 9de vak dan verkrijgt men voor den afvoer bij den ondersteldcn toestand der rivier 3751 M^3 en na de ontworpen normaliseering 2822 M^3.

Even als voor de Waal is gedaan volgt in de beide onderstaande tabellen eene berekening van het vermogen, in de onderstelling dat de normaliseering van het hoogwaterprofil der rivier volvoerd was op de wijze als bij de beschikking van den Minister van Binnenlandsche Zaken van 23 Mei 1867, N° 212, 3e Afdeeling is vastgesteld, zoodat de dijken op onderlingen afstand van 450 à 500 M gelegen waren.

(Zie Bijlage N° 3.)

Nummer van het riviervak.	Peilraaijen waaruit de gemiddelden zijn genomen.	Aangenomen waterhoogte boven M R; gemiddeld in het geheele vak.	Grootste diepte beneden 2,00 M + A P. (Zie bijlage 1).	Breedte van de rivier bij MR. (Zie bijlage 1).	Breedte van de uiterwaarden. (Zie bijlage 5).	Inhoud van het profil der rivier.		Inhoud van het profil op de uiterwaarden.	Aanmerkingen.
						Bij M R. (Zie bijlage 1).	Bij den aangenomen waterstand.		
		M	M	M	M	M²	M²	M²	
1	I—XV. Pannerden—Arnhem.	4,90	9,93	232	222	630	1766	644	
2	XVI—XXXIX. Arnhem—Grebbe.	4,95	10,17	203	263	600	1604	776	
3	XL—XLV. Grebbe—Rhemmerden.	4,66	6,98	180	293	565	1404	779	
4	XLVI—LXI. Rhemmerden— Wijk bij Duurstede.	4,36	10,44	194	288	651	1496	679	
5	LXII—LXXIII. Wijk bij Duurstede— Kuilenburg.	4,27	8,67	223	267	673	1625	606	
6	LXXIV—LXXXIV. Kuilenburg—Vreeswijk.	4,23	10,20	266	230	665	1790	512	
7	LXXXV—XCIV. Vreeswijk—Jaarsveld.	4,19	9,03	262	238	640	1737	521	
8	XCV—CV. Jaarsveld— Schoonhoven.	LW. 3,80 HW. 3,83	12,06	250	250	735	1685 1692	450 457	
9	CVI—CXXII. Schoonhoven— Krimpen.	LW. 2,48 HW. 2,63	(*) 14,44	298	202	866	1605 1649	198 228	(*) Voor dit vak is de hoogte van den uiterwaard genomen op 1,50 M + MR

RIVIERVAK.		IN DE RIVIER.				
		Inhoud van het profil I.	Natte omtrek p.	Verhang α.	Snelheid volgens boven-staande formule V.	Ver- mogen $V \times I$
		M^2	M	M	M	M^3
1	Pannerden—Arnhem.	1766	261	0,0001196	1,53	2703
2	Arnhem—Grebbe.	1604	233	0,0001115	1,49	2391
3	Grebbe—Rhemmerden.	1404	200	0,0002361	2,19	3075
4	Rhemmerden—Wijk bij Duurstede.	1496	225	0,0000774	1,220	1826
5	Wijk bij Duurstede—Kuilenburg.	1625	248	0,0001071	1,425	2316
6	Kuilenburg—Vreeswijk.	1790	296	0,0000808	1,189	2129
7	Vreeswijk—Jaarsveld.	1737	289	0,0000682	1,089	1892
8	Jaarsveld—Schoonhoven.	LW 1685	286	0,0001109	1,375	2317
		HW 1692		0,0001063	1,350	2283
9	Schoonhoven—Krimpen.	LW 1605	342	0,0001310	1,33	2142
		HW 1649		0,0001197	1,292	2132

OP DE UITERWAARDEN.					Vermogen in de rivier en op de uiterwaarden te zamen.
›oud het ›ofil I.	Natte omtrek *p*.	Verhang α.	Snelheid volgens bovenstaande formule V.	Vermogen V × I.	
›I²	M	M	M	M³	M³
›644	231	0,0001196	0,983	632	3335
›776	272	0,0001115	0,96	745	3136
›779	302	0,0002361	1,328	1034	4109
›679	295	0,0000774	0,718	488	2314
›606	274	0,0001071	0,828	502	2818
›512	236	0,0000808	0,712	365	2494
›521	244	0,0000682	0,649	338	2230
450	256	0,0001109	0,751	338	2655
457		0,0001063	0,740	339	2622
198	205	0,0001310	0,605	120	2262
228		0,0001197	0,621	141	2273

Men ziet uit deze berekening dat de normaliseering van het hoogwaterprofil op de vastgestelde wijze wel tot eenige verbetering in den geregelden afloop van de rivier zou leiden.

Het vermogen der genormaliseerde rivier zou echter bij het tegenwoordige verhang voor den onderstelden hoogen waterstand en zelfs voor die van Februarij 1862 te klein wezen.

Utrecht,
24 September 1869.

jlage N° 1.

Tafel van de breedte van den waterspiegel bij middelbaren rivierstand (MR) en bij hoogen rivierstand (HR), van den inhoud van het vlak der doorsnede bij MR en van de gemiddelde en grootste diepte beneden MR; alles betrekking hebbende op de rivieren de Neder Rijn en Lek.

Nommers der raailijnen.	Breedte van den waterspiegel.		Inhoud van het vlak der doorsnede bij MR.	Diepte beneden MR.		Aanmerkingen.
	bij MR.	bij HR.		Gemiddelde.	Grootste.	
eNederRijn	M	M	M^2	M	M	
I.	245.	442.	564,16	2,48	4,53	
II.	151.	185.	623,08	4,32	7,41	
III.	165.	678.	713,14	4,30	6,33	
IV.	200.	292.	658,02	3,32	4,73	
V.	241.	1010.	598,55	2,83	5,81	Candia.
VI.	232.	1918.	635,87	3,18	4,81	
VII.	228.	1884.	594,37	2,53	6,11	
VIII.	396.	1746.	792,70	2,06	5,84	
IX.	223.	1730.	810,49	2,39	4,34	
X.	233.	1963.	713,37	3,06	4,54	Kop v. d. IJssel.
XI.	255.	2143.	510,63	2,19	4,44	
XII.	337.	1090.	560,67	2,19	7,93	Malburgen.
XIII.	239.	598.	570,87	2,35	3,03	
XIV.	198.	2244.	582,32	2,93	4,43	
XV.	137.	2197.	521,69	3,65	6,33	
						Arnhem.
Opgeteld	3480.	20120.	9449,93			
Gemiddeld	232.	1341,33	629,99			

Nommers der raailijnen.	Breedte van den waterspiegel.		Inhoud van het vlak der doorsnede bij MR.	Diepte beneden MR		Aanmerking[e]
	bij MR	bij HR		Gemiddelde	Grootste	
De Ned. Rijn	M	M	M²	M	M	
XVI.	154.	1944.	569,45	3,40	4,03	Arnhem.
XVII.	176.	1975.	522,61	2,95	5,19	
XVIII.	170.	1312.	539,12	3,23	6,59	
XIX.	210.	1133.	539,92	2,56	3,60	
XX.	185.	1129.	562,27	2,99	4,10	Drielsche ve[er]
XXI.	256.	702.	626,43	2,34	2,70	
XXII	230.	517.	687,17	3,01	3,70	
XXIII.	209.	657.	474,93	2,24	3,56	Driel.
XXIV.	201.	1167.	647,33	2,35	4,76	Doorwerth.
XXV.	180.	1053.	564,97	3,02	3,86	
XXVI.	231.	1238.	725,00	3,12	8,46	
XXVII.	208.	990.	558,22	2,76	4,16	Heteren.
XXVIII.	190.	1447.	572,37	2,87	3,86	
XXIX.	200.	1428.	671,37	3,31	8,17	
XXX.	137.	1253.	564,46	4,12	7,67	Rencum.
XXXI.	163.	1240.	574,92	3,44	5,37	
XXXII.	177.	1020.	618,78	3,37	5,17	Lekskensveer
XXXIII.	233.	1375.	619,52	2,63	4,36	
XXXIV.	258.	1710.	741,55	2,86	4,11	
XXXV.	175.	1769.	658,46	3,78	5,76	Wageningen.
XXXVI.	230.	1384.	666,39	2,97	4,26	
XXXVII.	188.	1197.	516,34	3,03	3,86	
XXXVIII.	226.	834.	593,94	2,62	4,76	
XXXIX.	293.	1281.	594,91	2,09	3,38	De spees.
Opgeteld	4880.	29755.	14410,43			
Gemiddeld	203,33	1239,79	600,43			

ommers der aailijnen.	Breedte van den waterspiegel.		Inhoud van het vlak der doorsnede bij MR	Diepte beneden MR		Aanmerkingen.
	bij MR	bij HR		Gemiddelde	Grootste	
Ned. Rijn	M	M	M²	M	M	
XL.	192.	412.	557,80	2,90	3,83	
XLI.	205.	555.	760,87	3,43	4,27	
XLII.	151.	670.	502,89	3,33	4,01	Rhenen.
XLIII.	206.	639.	539,83	2,61	3,21	
XLIV.	170.	634.	451,42	2,50	4,25	
XLV.	158.	779.	580,58	3,55	4,98	Remmerden.
Opgeteld	1082.	3689.	3393,39			
Gemiddeld	180,33	614,83	565,56[5]			
XLVI.	233.	994.	515,96	2,86	4,03	
XLVII.	176.	1004.	591.20	3,16	4,03	
XLVIII.	176.	873.	652,06	3,69	5,28	Elst.
XLIX.	137.	1030.	685,45	4,07	7,78	
L.	185.	1960	635,73	3,75	7,04	Ecken Wiel.
LI.	202.	1478.	653,31	3,19	4,84	
LII.	215.	1528.	832,68	3,86	7,04	
LIII.	240.	1452.	602,89	2,52	3,84	
LIV.	280.	1522.	625,29	2,24	4,24	Maurik.
LV.	135.	1635.	585,52	3,98	8,24	
LVI.	236.	1383.	636,63	2,67	8,44	
LVII.	156.	1520.	605,40	2,97	4,44	
LVIII.	151.	1356.	703,54	4,90	5,94	
LIX.	287.	1790.	803,30	2,77	4,81	
LX.	183.	1736.	747,06	3,46	8,11	
LXI.	125.	1736.	545,01	4,37	7,11	
						Wijk bij Duurstede.
Opgeteld	3117.	22997.	10421,03			
Gemiddeld	194,81	1437,31	651,31[5]			

Nommers der raailijnen.	Breedte van den waterspiegel.		Inhoud van het vlak der doorsnede bij MR	Diepte beneden MR.		Aanmerkinger
	bij MR.	bij HR.		Gemiddelde.	Grootste.	
De Lek.	M	M	M²	M	M	
LXII.	185.	1052.	566,04	2,85	4,81	Wijk bij Duurstede.
LXIII.	292.	1233.	641,10	2,21	3,61	Ravenswaai.
LXIV.	215.	1058.	661,96	3,17	4,30	
LXV.	185.	814.	721,28	3,55	6,60	
LXVI.	201.	1046.	656,94	2,77	5,90	
LXVII.	242.	973.	755,82	2,82	4,40	Beusich. veer
LXVIII.	166.	658.	571,20	2,75	5,20	
LXIX.	268.	976.	781,51	2,88	4,07	
LXX.	216.	1092.	684,20	3,17	6,67	
LXXI.	222.	1169.	695,90	3,06	5,15	
LXXII.	206.	610.	651,32	2,92	3,46	
LXXIII.	279.	864.	690,54	2,47	4,19	
						Kuilenburg.
Opgeteld	2677,	11545,	8077,81			
Gemiddeld	223,08	962,08	673,15			
LXXIV.	333.	1177.	613,80	1,82	3,19	Kuilenburg.
LXXV.	316.	802.	608,22	2,07	3,39	Het Spoel.
LXXVI.	318.	943.	725,68	2,27	4,10	
LXXVII.	255.	857.	672,50	2 99	8,20	Everdingen.
LXXVIII.	233.	831.	638,48	2,75	4,90	
LXXIX.	231.	630.	627,90	2,70	6,53	Honswijk.
LXXX.	333.	1105.	611,26	2,63	3,46	
LXXXI.	200.	881.	765,50	4,14	5,89	
LXXXII.	262.	695.	696,47	2,37	4,50	
LXXXIII.	235.	900.	612,60	2,67	4,11	
LXXXIV.	216.	771.	743,54	4,29	6,30	De eb en vloed dit punt reeds e gen in vloed hebber is van hieraf, als n delbare riviersta de middelbare eb a genomen
Opgeteld	2932,	9592,	7315,95			
Gemiddeld	266,54⁵	872,	665,08⁵			

Nommers der raailijnen.	Breedte van den waterspiegel.		Inhoud van het vlak der doorsnede bij MR.	Diepte beneden M R.		Aanmerkingen.
	bij MR.	bij HR.		Gemiddelde.	Grootste.	
De Lek.	M	M	M²	M	M	
LXXXV.	208.	841.	638,74	3,07	4,54	Vianen.
LXXXVI.	209.	1131.	637,60	2,19	3,15	
LXXXVII.	240.	795.	642,74	2,68	3,64	
LXXXVIII.	268.	1255.	511,88	2,19	2,80	
LXXXIX.	201.	1189.	621,92	3,14	5,15	
XC.	340.	1113.	530,21	1,55	7,03	
XCI.	190.	869.	721,05	3,24	6,51	
XCII.	378.	719.	674,61	1,77	6,42	
XCIII.	169.	569.	740,31	3,64	5,98	
XCIV.	338.	710.	689,37	1,97	3,06	
						Jaarsveld.
Opgeteld	2622.	9191.	6408,43			
Gemiddeld	262,20	919,10	640,84			
						Jaarsveld.
XCV.	289.	581.	678,59	2,32	4,56	
XCVI.	185.	559.	700,16	3,63	10,06	Ameide.
XCVII.	226.	405.	805,16	3,56	7,28	Tienhoven.
XCVIII.	197.	710.	594,19	3,14	9,62	
XCIX.	221.	442.	685,61	3,10	3,77	
C.	258.	512.	635,54	2,41	8,21	
CI.	186.	466.	813,49	4,39	6,37	
CII.	337.	445.	792,40	2,14	3,30	
CIII.	324.	516.	804,56	2,43	3,52	Langerak.
CIV.	301.	712.	791,00	2,57	3,94	Nieuwpoort.
CV.	229.	357.	784,73	3,50	4,49	Schoonhoven.
Opgeteld	2753.	5705.	8085,43			
Gemiddeld	250,27	518,63⁵	735,04			

Nommers der raailijnen.	Breedte van den waterspiegel.		Inhoud van het vlak der doorsnede bij MR.	Diepte beneden MR.		Aanmerkingen.
	bij MR.	bij HR.		Gemiddelde.	Grootste.	
De Lek.	M	M	M^2	M	M	
CVI.	256.	426.	828,89	3,24	4,48	
CVII.	251.	533.	727,07	2,94	7,91	
CVIII.	361.	782.	808,66	2,30	5,67	
CIX.	277.	427.	828,14	3,25	6,03	Groot-Ammers.
CX.	280.	462.	816,21	2,90	5,30	
CXI.	290.	439.	791,74	2,64	4,26	Berg-Ambacht.
CXII.	301.	440.	870,67	2,82	4,40	
CXIII.	287.	327.	847,74	2,90	5,50	
CXIV.	268.	500.	856,51	3,18	4,53	
CXV.	264	421.	870,45	3,29	4,48	Streefkerk.
CXVI.	459.	499	1008,40	2,19	3,07	
CXVII.	339.	426.	850,80	3,89	5,87	
CXVIII.	232.	453.	842,56	3,85	6,97	
CXIX.	304.	459.	870,11	2,82	6,24	Lekkerkerk.
CXX.	353.	439.	990,63	2,81	7,90	
CXXI.	241.	454.	937,89	3,88	6,70	
CXXII.	313.	521.	986,14	4,06	12,94	Grootste diepte in 1861 ongev. 21,00, Krimpen.
Opgeteld	5076.	8008.	14732,61			
Gemiddeld	298,59	471,06	866,62			

Bijlage No. 2.

Hoogte van kaden en uiterwaarden langs den Rijn en de Lek, van het punt van separatie te Pannerden tot Krimpen, volgens de opnemingen van 1839 tot 1842, getrokken uit het Register der peilingen, behoorende tot de kaart der rivieren de Boven- en Neder-Rijn, de Lek en de Nieuwe Maas, van Lobith tot Brielle.

Peilraai-nummer.	AANWIJZING DER PLAATS.	Hoogte boven den middelbaren waterstand.	
		Regter-oever.	Linker-oever.
	PANNERDSCHE KANAAL.	M.	M.
O	Begin van het Pannerdsche kanaal. .		
	Schepdammetjes bij de aansluiting. .	3.78	3 91
I	idem idem. . . .	3.20	3.95
〃	Pakwerk tegenover den Nikolaaswaard	1.80	
II	Schepdammetje	3.96	
III	Hoofdje bij eene steenoven. . . .	1.08	
〃	Steenstorting voor de steenoven de Roswaard		3.45
〃	Roswaardsche dam		3 97
IV	Krib boven Kandia		1.50
V	Steenstorting voor eene steenoven .		1.00
〃	idem voor het huis, genaamd Scherpenkamp . . . . . , . .		1.50
	DE RIJN.		
VI	Blees- en beslagwerk beneden Kandia.		2.00
VIII	Veerdam van het Huissensche- of Loo-veer	1.13	3.35
〃	IJsbok nabij den veerdam		4 55
X	Dam aan den zuidelijken hoek van de Groote Plei	1.05	
XI	Zomerdam om de Huissensche Uiterwaarden		3.40
XII	Kade langs de Groote Plei. . . .	3.85	
〃	〃 〃 den Kleefschen waard .	3.36	
〃	Malburgsche dam		4.53
XV	Kruin der kade van den doorlaat bezuiden de doorlaatbruggen in den grindweg naar Elden		1,84
XVI	Kaaimuur bij Arnhem	2.30	
〃	Beslagwerk bij Arnhem.	3 00	
〃	Zomerdam om de Paaschweide . .		4.24

Peilraai-nummer.	AANWIJZING DER PLAATS.	Hoogte boven den middelbaren waterstand. Regter-oever.	Linker-oever.
		M	M.
XVIII.	Krib bij den Rozande polder . . .	1.20	
〃	〃 〃 〃 Meinerwijkschen Polder.		1.22
XX.	〃 tegenover den steenoven van van Gent	2.85	
〃	〃 voor den Uiterwaard beneden dien steenoven		1.08
XXI.	Laadplaats beneden den Drielschen veerdam	1.60	
XXII.	Beslagwerk langs den oever bij de Doorwertsche bergen	3.00	
XXVI.	Veerdam van het Heterensche veer.		1.30
XXIX.	Renkumsche veerdam	2.10	
XXXI.	Krib voor de Randwijksche waarden.		1.18
XXXII.	Losplaats boven den veerdam van het Lekskens veer	1.40	
XXXIV.	Pakwerk nabij Wageningen . . .		1.20
XXXVII.	Veerweg te Opheusden	3.37	
XLI.	Krib benevens eene steenstorting langs de buitengronden van de stad Rhenen	1.70	
XLII.	Veerdam tegenover Rhenen, bij het veerhuis		3.75
XLV.	Krib langs den rand der Elssche uiterwaarden	1.42	
L.	Eene krib.	1.40	
〃	Idem . , ...		1.15
LI.	Kleioever even beneden het huis te Wiel tegenover Amerongen . . .		1.60
LII.	Een bolletje.	1.60	
LIII.	Kleioever even boven Maurik. . .		2.10
LIV.	Eene Krib		1.90
LV.	Idem		1.10
LVI.	Oever tusschen Maurik en Rijswijk.		2.60
LVII.	Eene krib	1.05	
〃	Oever als boven. . . . . . . , .		2.60
LVIII.	〃 beneden de kribben	2.10	
LIX.	Oever		2.60
LX.	〃 . . . . , ...		2.10
LXI.	Kade om de uiterwaarden boven Wijk bij Duurstede	2.67	
〃	Bovenkant der beschoeijing bij laatstgenoemde stad	1.50	
	DE LEK.		
LXII.	Oever beneden Wijk bij Duurstede .	2.30	

Peilraai-nummer.	AANWIJZING DER PLAATS.	Hoogte boven den middelbaren Waterstand.	
		Regter-oever.	Linker-oever.
		M.	M.
LXII.	Dammetje om den Rijswijkschen waard.		2.85
LXIII.	Steenstorting nabij Ravenswaai . .	1.50	
〃	Kade van den Rijswijkschen waard .		3.00
LXIV.	Oever bij het huis genaamd de steenoven		2.30
〃	Krib nabij laatstgenoemd huis. . .		1.80
LXV.	Dammetje beneden Ravenswaai . .		2.60
〃	Pakwerk tegenover het Huis de Duinen	1.00	
LXVI.	Krib beneden het tegenover gelegen Ravenswaai	1.50	
〃	Dammetje tegenover den Beusichemsehen waard	2.00	
〃	Oever van laatstgenoemden waard .		1.50
LXVII.	Veerdam van het Beusichemsche veer	2.62	
〃	Dwarsdammetje nabij dien veerdam.	1.70	
〃	Beusichemsche veerdam bij het veerhuis.		3.40
LXVIII.	Steenbestorting langs den oever . .	1.30	
LXIX.	Twee kribben tegenover den Redichemschen waard	1.00	
〃	Plaatje beneden den uitloop der Redichemsche kil		1.50
LXX.	Krib, waarvan de kop	1.50	
〃	Pakwerk voor het laagste gedeelte van den Redichemschen waard. .		1.50
LXXI.	Oever boven Kuilenburg tegenover de Lazaruswaarden.	1.00	
LXXII.	Krib, even boven Kuilenburg. . .	1.50	
〃	Eiland Candia (opgeruimd in 1864 en 1865) , ...	3.00	
LXXIII.	Kuilenburgsche veerdam.	3.30	4.00
〃	Gording van een ijsbreker daar beneden		2.90
LXXIV.	Krib bij den Steenwaard	1.06	
LXXV.	Verdedigingswerken even beneden de Spoelsche sluis		1.50
LXXVII.	Oever tegenover Everdingeu . . .	1.50	
LXXVIII.	Gewezen steenplaats nabij Honswijk.	2.30	
LXXX.	Vloer van een houten doorlaat, overeenkomende met het maaiveld, tegenover Hagestein	1.70	
LXXXI.	Veerstoep van het Oudslijker meer.	2.10	
LXXXII.	Puinbestorting langs den oever voor den steenoven		1.50
LXXXIV.	Veerdam en houten landhoofd te Vreeswijk	3.20	
〃	Veerdam en houten landhoofd te Vianen.		3.20

Peilraai-nummer.	AANWIJZING DER PLAATS.	Hoogte boven den middelbaren Waterstand.	
		Regter-oever.	Linker-oever.
		M.	M.
LXXXV.	Oever		1.70
LXXXVI.	Terrein van het huis van een steenoven beneden Vianen		3.40
LXXXVII.	Steile oever	1.50	
〃	Uithoek eener steenoven		3.00
LXXXIX.	Steenstorting boven Leksmond . .	1.25	
XCI.	Steenbestorting langs het Kersbergsche schoor		1.50
XCVI.	Boezemkade bij de Maalsluis . . .	2.25	
XCVII.	Veerdam van het Tienhovensche veer.	2.00	
〃	Dwarskade over het buitenland . .	1.70	
〃	Emplacement van een vervallen steenoven bij Tienhoven		2.80
C.	Zandplaat.	1.45	
CI.	Oever tegenover den Langerakschen polder	1.20	
CIV.	Terrein van het veerhuis te Schoonhoven	3.50	
〃	Plaatje boven Schoonhoven . . .	1.30	
CV.	Houten beschoeijing langs de haven te Schoonhoven.	2.20	
CIX.	Kade eener zalmvisscherij beneden Ammerstol	1,32	
CX.	Pakwerk langs den dijk van den Krimpener waard nabij de uitwatering der Berg-Ambachtsche sluis.	1.04	
CXI.	Pakwerk langs den dijk van den Alblasserwaard.		1.06
CXII.	Pakwerk langs den polder Berg-Ambacht	1.20	
〃	Houten beschoeijing en pakwerk bij den korenmolen te Streefkerk . .		1.10
CXIII.	Houten hoofdjes ter weêrzijden der sluis van den hoogen boezem van Berg-Ambacht	1.80	
〃	Pakwerk boven Streefkerk. . . .		1.10
CXIV.	Kade om een weigorsje bij Streefkerk.		1.75
CXV.	Zalmvisscherij	1.35	
〃	Houten hoofden bij de sluis van den boezem van Streefkerk		1.00
CXVI.	Pakwerk langs den dijk van den Alblasserwaard		1.30
CXVII.	Pakwerk boven Lekkerkerk	1.10	
CXVIII.	Pakwerk bij den korenmolen te Lekkerkerk.	1.70	
CXIX.	Kop eener rijzendam beneden Lekkerkerk.	1.62	

Peilraai-nnmmer.	AANWIJZING DER PLAATS.	Hoogte boven den middelbaren Waterstand.	
		Regter-oever.	Linker-oever.
		M	M
CXIX.	Pakwerk		1.60
CXX.	Houten hoofd voor het huis Lekzigt.	1.70	
CXXI.	Beschoeijing bij Elshout.		1.20
CXXII.	Veerdam bij Krimpen	2.20	
	Veerdam tegenover Krimpen . . .		2,30

A A N M E R K I N G.

In het Register, waaruit het bovenstaande is getrokken, is aangenomen voor den middelbaren rivierstand boven A. P.:

te Pannerden	te Arnhem	te Wijk bij Duurstede.
10.62 M.	8.95 M.	4.44 M.

te Kuilenburg	te Vreeswijk	te Schoonhoven	te Krimpen.
3.36 M.	2.40 M.	1.25 M.	1.06 M.

Bijlage N°. 3. TABEL DER NORMALE

Rivieren.	Riviervakken.
Boven-Rijn, Waal, Merwede en Oude Maas.	Van Lobith tot Pannerden . . . . 〃 Pannerden tot Zalt-Bommel. . . . . . 〃 Zalt-Bommel tot Loevestein verwijdende op 〃 Loevestein tot den bovenmond der Nieuwe Merwede . . . . Van daar tot Dordrecht . . . . Aan den bovenmond van het Mallegat . . . Van daar geregeld verwijdende tot den uitloop in het Scheur, op . . . . Nieuwe Merwede. . . . .
Neder-Rijn, Lek en Nieuwe Maas.	Van Pannerden tot den IJsselmond . . . . 〃 den IJsselmond tot Wijk bij Duurstede. . 〃 daar verwijdende tot de grens van Zuid-Holland; op. . . . . Van die grens tot Vreeswijk . . . . . . 〃 daar verwijdende tot den benedenmond van de Noord bij Krimpen, op . . . . . . Bij Slikkerveer. . . . . Van daar verwijdende tot de haven van Vlaardingen, op. . . . . Het Scheur, dwars van den polder de Ruigeplaat Van daar verwijdende tot den ontworpen mond aan den Hoek van Holland, op. . . .
Geldersche IJssel.	Aan den mond te Westervoort. . . . . . Van daar verwijdende tot Deventer, op. . . 〃 〃 〃 〃 Katerveer, op. . . 〃 〃 〃 〃 Kampen, op . . . Beneden Kampen . . . .
Boven-Maas.	Te Eijsden. . . . . Van daar verwijdende tot Maastricht, op. . . 〃 Maastricht tot Roermond . . . . . . 〃 daar tot Venlo verwijdende, op . . . . 〃 Venlo tot Grave. . . . . 〃 Grave tot St. Andries verwijdende, op. . 〃 daar tot Crévecoeur. . . . . Te Crévecoeur, de breedte aan te nemen van . Van daar tot Loevestein verwijdende, op. . .

Vastgesteld bij beschikking van den Minister van Binnenlandsche

…EEDTEN VAN DE RIVIEREN.

…ormaalbreedte bij …R. …n …W.	2 M + M.R. en 1.50 M + H W.	Aangenomen middelbaren rivierstand (M. R.) volgens de gemiddelden der zomermaanden 1851—1860.		Aanmerkingen.
…1	M		M	Voor den M.R. van elk riviervak wordt aangenomen: Voor de bovenrivieren, die van het waarnemingspunt aan zijn boveneinde; en voor de benedenrivieren, de H. en L. waterstanden van het waarnemingspunt aan zijn benedeneinde.
…00	750	Emmerik	= 12.63 + AP.	
…60	750	Nijmegen	= 8.98 + ″	
…00	800	Tiel	= 5.61 + ″	
		Zalt-Bommel	= 3.28 + ″	
…00	800	Gorinchem { h. w	= 1.73 + ″	
		{ l. w.	= 1.42 + ″	
…00	—	Dordrecht { h. w.	= 1.27 + ″	
…40	440	{ l. w.	= 0.13 — ″	
		Werkendam { h. w.	= 1.57 + ″	
		{ l. w.	= 1.15 + ″	
…75	575	Moerdijk { h. w.	= 1.29 + ″	
…00	1000	{ l. w.	= 0.72 — ″	
…70			M	
…150	van 450	Pannerden	= 10.52 + AP.	
	tot 500	Arnhem	= 8.98 + ″	
…170		Grebbe	= 6.13 + ″	
…170		Rhemmerden	= 5.50 + ″	
		Wijk bij Duurstede	= 4.23 + ″	
		Culemborg	= 3.14 + ″	
…200	500	Vreeswijk	= 2.32 + ″	
…225	—	Rotterdam { h. w.	= 0.93 + ″	
		{ l. w.	= 0.27 — ″	
…450	—	Vlaardingen { h. w.	= 0.90 + ″	
		{ l. w.	= 0.36 — ″	
…550	—	Maassluis { h. w.	= 0.85 + ″	
		{ l. w.	= 0,44 — ″	
…900	—			
			M	
…100		Westervoort	= 9.55 + AP.	
…120		Doesburg	= 7.25 + ″	
…150	500	Zutphen	= 4.76 + ″	
…170		Deventer	= 3.38 + ″	
…170		Wijhe	= 1.78 + ″	
		Katerveer	= 0.86 + ″	
		Kampen { h. w.	= 0.41 + ″	
		{ l. w.	= 0.26 + ″	
90				
100	300		M	
100		Maastricht-brug	= 42.83 + AP.	
120	400	Roermond	= 15.40 + ″	
120	400	Venlo	= 10.16 + ″	
130		Grave	= 6.01 + ″	
140	500	Megen	= 4.44 + ″	
150		Blaauwe Sluis	= 2.30 + ″	
170		Heusden	= 1.80 + ″	

…aken van den 23sten Mei 1867, N°. 212, 3de Afdeeling.

Bijlage N°. 4.

PLAATS.	Afstand der Peilschalen.	Aangenomen hoogte van den middelbaren stand.	Hoogte van den Waterstand van Februarij 1867 boven A. P.	Hoogte van den Waterstand van Februarij 1867 boven MR.	Verhang van den Waterspiegel. Totaal.	Verhang van den Waterspiegel. Per M.
	M	M	M	M	M	M
Keulen.			43,91			
	161410				26,71	0,0001610
Emmerik. . . .			17,20			
	19160				2,79	0,0001456
Pannerden . . .		10.62	14,41	3,79		
	13040				1,52	0,0001165
Arnhem		8,95	12,89	3,94		
	24300				2,81	0,0001156
Grebbe.		6,24	10,08	3,84		
	4700				0,96	0,0002042
Rhemmerden. .		5,71	9,12	3,41		
	16675				1,42	0,0000852
Wijk bij Duur-				3,26		
stede.		4,44	7,70	3,09		
	11670				1,25	0,0001071
Kuilenburg. . .		3,36	6,45	3,20		
	10755				0,85	0,0000790
Vreeswijk . . .		2,40	5,60	3,10		
	10250				0,63	0,0000615
Jaarsveld L. W.		1,87	4,97	2,52		
	11000				1,20	0,0001090
Schoonhoven L. W.		1,25	3,77	0,48		
	16950				2,23	0,0001315
Krimpen L. W.		1,06	1,54			
Jaarsveld H.W.		1,87	4,96	3,09		
	11000				1,14	0,0001036
Schoonhoven H. W. . . .		1,25	3,82	2,57		
	16950				1,87	0,0001103
Krimpen H. W.		1,06	1,95	0,89		

Bijlage N°. 5.

Nummer van het riviervak.	Peilraaijen waaruit de gemiddelden zijn genomen.	Hooge waterstand van Februarij 1862 boven M.R. gemiddeld in het geheele riviervak.	Grootste diepte beneden 2,00 M. + MR. (*) (Zie bijlage No. 1).	Breedte van de rivier bij M. R. (Zie Bijlage No. 1).	Breedte van de uiterwaarden. (Zie Bijlage No. 1).	Inhoud van het profil der rivier. Bij M. R. (Zie Bijlage No 1.)	Inhoud van het profil der rivier. Bij den aangenomen waterstand.	Inhoud van het profil op de uiterwaarden.	AANMERKINGEN.
		M	M	M	M	M^2	M^2	M^2	
1.	I—XV. Pannerden — — Arnhem.	3,90	9,93	232	1109	630	1534	2107	
2.	XVI—XXXIX. Arnhem — — Grebbe.	3,95	10,17	203	1036	600	1401	2020	
3.	XL—XLV. Grebbe — — Rhemmerden.	3,66	6,98	180	434	565	1224	720	
4.	XLVI—LXI. Rhemmerden — — W. b. Duurst.	3,36	10,44	194	1243	651	1302	1690	
5.	LXII—LXXIII W. b. Duurst. — — Kuilenburg.	3,27	8,67	223	739	673	1402	938	
6.	LXXIV-LXXXIV Kuilenburg — — Vreeswijk.	3,23	10,20	266	606	665	1524	745	
7.	LXXXV-XCIV. Vreeswijk — — Jaarsveld.	3,19	9,03	262	657	640	1475	781	
8.	XCV—CV. Jaarsveld — — Schoonh. (L / H)	L W. 2,80 H W. 2,83	12,06	250	268	735	1435 1442	214 222	
9.	CVI-CXXII. Schoonh. — — Krimpen. (L / H)	L W. 1,48 H W. 1,63	(*) 14,44	298	173	866	1307 1351	(*) 0 (*)22	(*) Voor dit vak is de hoogte van den uiterwaard genomen 1,50 M + MR.

Bijlage No. 6.

	Riviervak.		IN DE RIVIER. Inhoud van het profil. I.	Natte omtrek. p.	Verhang. α.	Snelheid volgens de formule $V = 53{,}813 \sqrt{\frac{I\alpha}{p}}$	Vermogen.
			M².	M	M	M	M
1	Pannerden-Arnhem		1534	261	0,0001196	1,426	218
2.	Arnhem-Grebbe.		1401	233	0,0001115	1,393	195
3.	Grebbe-Rhemmerden		1224	200	0,0002361	2,040	250
4.	Rhemmerden-Wijk b. Duurst.		1302	225	0,0000774	1,138	148
5.	Wijk b. Duurst.-Kuilenburg.		1402	248	0,0001071	1,324	185
6.	Kuilenburg-Vreeswijk. . . .		1524	296	0,0000808	1,098	167
7.	Vreeswijk-Jaarsveld.		1475	289	0,0000682	1,004	148
8.	Jaarsveld-Schoonhoven. .	L	W. 1435	286	0,0001109	1,260	1821
		H	W. 1442		0,0001063	1,245	1796
9.	Schoonhoven-Krimpen . .	L	W. 1307		0,0001310	1,204	1574
		H	W. 1351	342	0,0001197	1,170	1580

OP DE UITERWAARDEN.					Vermogen in de rivier en op de uiterwaarden te zamen.
...houd ...n het ...rofil. I.	Natte omtrek. p.	Verhang. α.	Snelheid volgens de formule $V = 53{,}813 \sqrt{\frac{I\alpha}{p}}$	Vermogen $V \times I$.	
M^2	M	M	M	M^3	M
2107	1115	0,0001196	0.809	1704	3892
2020	1042	0,0001115	0,791	1598	3550
720	439	0,0002361	1,058	762	3265
1690	1247	0,0000774	0,550	931	2413
938	743	0,0001071	0,626	586	2442
745	610	0,0000808	0,534	398	2070
781	660	0,0000682	0,483	377	1857
214	270	0,0001109	0,504	108	1929
222		0,0001063	0,503	112	1908
0	0	0	0	0	1574
22	173	10,0001197	0,209	4	1584

TWEE NIEUWE GESLACHTEN

VAN

PARASITISCH OP VISSCHEN LEVENDE SCHAALDIEREN,

— *EPICHTHYS en ICHTHYOXENOS* —

BESCHREVEN DOOR

J. A. HERKLOTS.

Aangeboden in de Vergad. der Kon. Akad. van 30 October 1869.



Eene der merkwaardigste groepen van Schaaldieren vormen voorzeker de parasitische geslachten der Cymothoadae. Weinig of niets is van hunne levensgeschiedenis bekend geworden en van hunne levenswijze bijna niet meer dan, dat zij op visschen hun verblijf houden, hetzij aan de huid vastgehecht of aan de kieuwen, of ook een enkele maal in de mondholte.

Dat parasitisch voorkomen, alleen en uitsluitend op visschen, en eene opmerkelijke overeenkomst in habitus en uitwendige organisatie, die er mede gepaard gaat, stempelen de groep tot eene zeer natuurlijke.

De kenmerken aan de afmetingen van thorax en abdomen, den vorm van het voorhoofd, de inrichting der pooten en de verhouding der lengte en breedte van het laatste segment ontleend waren tot heden voldoende om de betrekkelijk weinige vormen in geslachten te vereenigen door scherpe omtrekken begrensd.

De indeeling van Leach, die het eerst de Isopoden, vóór hem tot de Insekten gerekend, hare plaats onder de Schaaldieren aanwees, op die kenmerken gegrond, trok alle latere systemen door, meestal slechts gewijzigd door het zamenvoegen

of afgescheiden houden van enkele geslachten, en slechts Milne Edwards en na dezen Bleeker voegden elk een nieuw geslacht aan de bekende toe.

Waar eene zoodanige stabiliteit der rangschikking bestaat, is één van beide de oorzaak: of het meerendeel der bestaande vormen is bekend, of er is stilstand van onderzoek. Ik meen, dat het laatste het geval is.

Slechts enkele soorten toch zijn na Milne Edwards beschreven, en eene reeks van vijftien nieuwe soorten als onze Bleeker bekend maakte staat éénig daar.

Maar duidelijker nog dan uit het zich schier gelijkblijvend soortental, blijkt het bij het onderzoek van onbestemde voorwerpen in de verzamelingen reeds voorhanden. Telkens treft men vormen aan die 't meerendeel der kenmerken van een zeker geslacht dragen, doch in andere geheel verschillen.

Dit wijst tevens op de noodzakelijkheid om de diagnosen der bestaande geslachten te wijzigen, doch daarvoor is nog geen bouwstof genoeg, of verzameld, of toegankelijk gesteld.

Als bewijs voor het gezegde, welligt tevens eene bijdrage tot die te wachten verandering van het stelsel, wensch ik de aandacht te vestigen op een tweetal Cymothoadae, uit de verzameling van 's Rijks Museum.

Het schema, dat Milne Edwards van de indeeling zijner Isopodes Cymothoadiens parasites — niet met de Isopoda parasitica van Harting te verwisselen — geeft, scheidt vooreerst de vormen met aan elkander vastgehechte of vergroeide achterlijfssegmenten, die derhalve onbewegelijk zijn, af. Zijn geslacht Urozeuktes, alleen den Urozeuktes Owenii bevattend, wordt door dat kenmerk afgezonderd.

Alle overige geslachten hebben de abdominaal-segmenten volkomen gescheiden en beweegbaar. Tot deze rubriek behoort ook een onzer voorwerpen.

Het heeft verder de basis van het abdomen bijna even breed als het achterste uiteinde van den thorax, en geene stekelvormige verlengsels onder de zijhoeken der abdominaal-schilden. Het voorhoofd is naar beneden teruggebogen en vormt een schild tusschen het grondstuk der sprieten. Het achterlijf is vrij groot en versmalt zich slechts weinig naar het uiteinde.

Volgens deze kenmerken hebben wij met eene soort van het geslacht Anilocra van Leach te doen, en, daar de achterste abdominaal-aanhangsels bijna even groot zijn, zou zij tot het geslacht Canolira van denzelfden auteur behooren, dat Milne Edwards echter niet als zoodanig aanneemt, doch slechts als groep.

De vergelijking evenwel der overige geslachtskenmerken geeft zooveel verschil, dat het niet mogelijk is deze met de andere bekende Anilocra's onder ééne geslachtsdiagnose te brengen. De uitvoerige beschrijving van het voorwerp zal die verschillen duidelijk in het oog doen vallen, en het regt van bestaan van een nieuw geslacht bewijzen, hoewel de eenheid der soort geene afscheiding der geslachts- en soortskenmerken toelaat en derhalve ook geene geslachtsdiagnose.

EPICHTHYS GIGANTEUS.

Het lichaam van dezen grootsten aller bekende Cymothoadae is zeer verlengd, gestrekt met zeer flauw gebogen zijlijnen; de grootste breedte valt op den vijfden borstring en bedraagt minder dan een derde van de lengte, terwijl het verschil in breedte met den eersten borstring en de kleinste afmeting van het achterlijf, de lengte in aanmerking genomen, zeer gering is. Het is daarentegen sterk gewelfd, daar de grootste hoogte, mede op den vijfden borstring vallend, iets meer dan de helft van de breedte op vier en een half maal grootere lengte, het laatste achterlijfslid buiten rekening gelaten, bedraagt.

De kop is breed, aan zijn basis bijna de helft van de breedte van het eerste segment, op eene lengte van drie vierden zijner breedte, aan de zijden gerond, regelmatig gewelfd, met eene dwarse verhevenheid op de kruin en zeer groote, ronde oogen, die bij volwassen voorwerpen een glad hoornvlies hebben. Voorbij de oogen buigt zich de koprand naar binnen over de breede sprieten en daarna, in den voorhoofdsrand overgaande, wederom buitenwaarts. Het voorhoofd eindigt, van boven gezien, in een duidelijken kant of lijst, die in het midden eenigszins uitgesneden is, en is op zijne vlakte ingedrukt; aan de onderzijde zet het zich voort in een driehoekig tongvormig verlengsel tusschen de sprieten, het gewone driehoekige schild vormend, dat hier een derde van de basis van den kop breed,

twee derden zijner breedte lang is en zich tot over den voorrand van het eerste lid der sprieten van het tweede paar uitstrekt.

De sprieten van het eerste paar hebben hun grondstuk onder het teruggeslagen voorhoofd verborgen. Zij zijn kort en bereiken langs de zijden den achterrand van het eerste borstsegment niet. Zij bestaan uit acht geledingen, van welke de tweede en derde naar binnen, d. i. naar voren, verbreed zijn en aan haar voor-binnenrand gerond. Met het eerste lid, dat, ofschoon niet verbreed, van gelijke dikte is als de beide volgende, vormen zij als het ware een stam waarop de vijf overige, meer ronde en smalle, geleidelijk in grootte afnemende geledingen zijn ingeplant.

De sprieten van het tweede paar zijn veel langer en reiken, langs de zijden van den thorax gelegd, tot aan de helft van het tweede borstsegment. Zij bestaan uit tien geledingen, van welke de vier eersten zeer verbreed zijn, de overigen allengs smaller worden en in lengte regelmatig afnemen.

De monddeelen komen, voor zoover ik ze onderzoeken kon, met die van het geslacht Cymothoa overeen; uitwendig vertoonen zich de kaakpooten als langwerpig vierkante lamellen, de mondholte bedekkend en zich tegen de groote, vooruitstekende, halfronde bovenlip aanleggend, terwijl de zijden ingenomen worden door de groote drieledige voelers van de onderkaken.

De eerste ring van den thorax is zoo lang als de beide volgende te zamen; hij heeft den voorrand in het midden eenigszins uitgesneden en strekt zich aan beide zijden naast den kop in, tot op de helft der oogen loopende, lobben uit; aan de zijden loopt zijn rand op de lobben snel, daarachter zacht gebogen naar den zeer gebogen en in 't midden eenigszins uitgesneden achterrand, waarin hij met scherpe afgeronde hoeken overgaat. De tweede thorax-ring is de kortste; de volgende zijn geleidelijk grooter tot den zesden, die de grootste is en meer dan het dubbel van den zevenden of laatsten meet.

De achterhoek van het rugschild der beide eerste segmenten is regthoekig, de drie volgende zijn allengs meer gerond, met naar achteren en naar buiten uitspringenden zijrand; het zesde heeft een meer rechten zijrand en rechten afgeronden hoek,

terwijl bij het laatste de zijrand door eene insnijding in het midden gedeeld wordt, en het achterste deel met den naar achter loopenden achterrand een scherpen hoek vormt en het puntige verlengsel veroorzaakt.

De achterrand van het tweede en derde segment is op den rug ook eenigszins uitgesneden; het vierde tot het zesde segment hebben den achterrand recht, het laatste aan de zijden puntig achterwaarts gebogen.

De epimeriën zijn groot, dat van het tweede segment reikt verder dan de zijrand van dit segment; die van het derde, vierde en vijfde reiken allengs minder ver, zoodat de zijrand van het vijfde segment voor de helft ongedekt blijft.

De epimeriën dier segmenten springen echter steeds meer naar voren uit, hoe minder ver die van het voorgaande zich uitstrekt, zoodat zij alleen den rand van den thorax uitmaken. De vorm der beide eerste is verlengd tongvormig met breeden, stompen achterrand; het derde wordt reeds meer puntig aan het eind en dit wordt bij de volgende segmenten steeds sterker.

Het achterlijf is betrekkelijk kort en bereikt de lengte van den zesden en zevenden borstring te zamen niet. Het vertoont zich als in vier regionen gedeeld; het midden verheft zich in een breede, stompgeronde kiel, op welke de achterrand der vijf eerste segmenten eenigszins uitgesneden is; ter weêrszijde gaat de achterrand een weinig schuin naar achter en slaat zich dan om in de naar beneden gerichte zijstukken, met die buiging weêr eene soort van kiel vormend.

Het eerste lid, dat bijna geheel onder den thorax verborgen is, is aan den achterrand over de geheele rugzijde regelmatig gerond, en strekt zich slechts aan de zijden een weinig naar buiten en beneden uit. De volgende segmenten hebben steeds langere zijstukken, behalve het vijfde, dat op de rugvlakte bijna recht loopt en aan de zijden slechts weinig zich naar beneden buigt. Het laatste lid bestaat uit een duidelijken ring, die aan de zijden zich verbreedt voor de inzetting der zijdelingsche aanhangsels, en waaraan het pygidium aangehecht is, door een diep indruksel afgescheiden. De lamel is gepunt eivormig, meer dan een derde harer lengte breed, in het midden met eene breed aanvangende en voor den omtrek ver-

loopende rib. Zij bestaat uit een in aanzien geheel met de lichaamsbekleedselen overeenkomend voorste gedeelte, dat op 't midden stomp puntig uitloopt, terwijl het einddeel meer vliesachtig is en met de valsche pooten overeenkomt.

De pooten zijn allen haakpooten en hebben dezelfde gedaante. De dij is op de zijden saamgedrukt en aan den buitenkant met een verhoogden, eenigszins van achteren naar voren gebogen rand of lijst voorzien, waar naast, aan den achterkant, eene min of meer ingedrukte vore gevonden wordt, in welke zich de tarsus terug trekt. De hoogte van die lijst en de breedte en diepte der vore nemen van het eerste tot het laatste paar pooten toe, zoodat reeds de dijen van het vierde paar een derden kant bezitten en driehoekig zijn. De verhoogde voorkant der vore vormt bij het vijfde en zesde paar pooten een klein, en bij het laatste paar een groot, naar voren gebogen uitsteeksel.

De pooten nemen geleidelijk in lengte toe, doch het laatste paar overtreft de vorigen meer dan een derde; die vergrooting komt bijna geheel op tibia en tarsus, daar de lengte der dij bijna aan die der voorgaande paren gelijk is.

Van de abdominaal-pooten zijn de vijf eerste paren groot, ovaal, die van het vijfde paar op de bovenvlakte gefronst. De valsche pooten van het zesde paar zijn zeer groot, aan den voorrand van het segment ingeplant en in twee smalle, lange aanhangsels eindigend, van welke het buitenste zeisvormig, het binnenste het langste is en zeer gerekt-ovaal van vorm. Zij strekken zich, ofschoon slechts weinig, voorbij den achterrand van het laatste lid uit.

De beide voorwerpen op het Rijks-Museum aanwezig, zijn van het vrouwelijke geslacht. Hare broedholte wordt door zeer groote, ovale aanhangsels der vijf eerste thorakaal-pooten gevormd: de buitenste lamel, voor de pooten van het zesde paar ontspringend, strekt zich in de breedte uit tot op de helft der gebogen pooten van de andere zijde, in de lengte voor de pooten van het vijfde paar en tot aan den voorrand der abdominaal-aanhangsels.

De broedholte was met jonge voorwerpen bezet, bij welke evenals bij andere Cymothoadae een larvenvorm wordt waargenomen; echter is de gelijkenis op Anilocra's minder in het

oog vallend door de grootere breedte van den thorax. Onze geringe en onvolledige kennis der waargenomen larvenvormen, stelt mij niet in staat bij de beschrijving der jongen van Epichthys giganteus, door vergelijking de juiste onderscheidingskenmerken op te geven. Ik zal mij derhalve voorshands bepalen tot eene korte, op zich zelve staande beschrijving.

De kop is zeer groot, met opeengehoopte oogen, tot langwerpig ronde oogvlekken vereenigd; de sprieten zijn langer dan bij de volwassen voorwerpen en uit niet verbreede geledingen zaamgesteld. De thorax is zeer breed en telt zes ringen, van welke de tweede de breedste is en de volgende langzaam in breedte afnemen, zoodat de vorm van den thorax met den kop een breed ovaal uitmaakt.

Het achterlijf telt zes geledingen van ongeveer gelijke lengte; in de breedte sluit het zich aan het laatste thorakaal-segment aan en behoudt die afmeting over zijn geheele lengte. Het laatste lid is nagelvormig, middelmatig groot en heeft smalle aanhangsels, meer dan tweemalen zoo lang als het zelf is. De pooten zijn zeer lang, dun, nergens verbreed of verdikt, met lange, weinig gekromde nagels, en nog de kenmerken van haakpooten niet vertoonend. De kop en de zijranden van thorax en abdomen zijn donkerviolet gekleurd, welke kleur in lichte tint het geheele lijf bedekt.

Het vaderland van deze soort is mij niet met zekerheid bekend, evenmin de vischsoort waarop zij leeft, waarschijnlijk echter zal zij den Indischen Archipel bewonen.

Hare afmetingen zijn de volgende:

geheele lengte	95‴
lengte van den kop	9‴
〃 〃 〃 thorax	49‴
〃 〃 het abdomen.	36‴
〃 〃 〃 laatste abdom.-segment. .	24‴
breedte op den vijfden borstring . . .	29‴
〃 〃 〃 zesden achterlijfsring . .	19‴

Zoo de beschreven Epichthys door vele kenmerken op den eersten blik tot de Anilocra's scheen te behooren, de andere soort die wij nu beschouwen moeten, komt met geen geslacht meer overeen dan met Urozeuktes, M. Edw., het eenige uit de rubriek met saamgegroeide abdominaal-segmenten.

Wel is er niet zooveel overeenstemming met de kenmerken aan dat geslacht eigen, doch de geheele habitus wijst klaarblijkelijk op eene nauwere verwantschap van beide, in tegenstelling met de andere geslachten, en, de beschrijving zal het doen zien, er is menige familietrek tusschen hen op te merken.

Milne Edwards had alleen wijfjes voor zijne beschrijving, daar mij de beide seksen ter beschikking staan, zal mij eene volledigere karakteristiek mogelijk zijn.

ICHTHYOXENOS JELLINGHAUSII.

Bij de mannelijke voorwerpen is het lichaam zeer vlak gewelfd, verlengd-ovaal; de breedte is, in verhouding tot de lengte, vrij aanzienlijk, daar zij iets meer dan de helft van deze bedraagt. De kop is klein, breed driehoekig, twee derden van zijne breedte lang; het voorhoofd strekt zich naar voren uit en bedekt de eerste geledingender sprieten, het is eenigszins neêrgebogen, doch niet omgeslagen.

De sprieten zijn kort en priemvormig; het voorste paar, dat een weinig korter is dan het andere, en ter nauwernood den achterrand der oogen bereikt, bestaat uit acht korte en dikke rolronde geledingen; het tweede paar is slanker, strekt zich tot op een derde ongeveer van den zijrand van den eersten borstring uit en vertoont tien leden. De oogen zijn zeer in 't oog vallend, langwerpig rond, gegranuleerd en staan ver van elkander verwijderd op de zijden van den kop.

De thorax is ovaal; zijn grootste breedte is gelijk aan den afstand van de voorpunt van den kop tot aan zijn eigen achterrand op de middellijn gemeten. Op de rugzijde is de eerste borstring de langste; de volgende nemen geleidelijk in lengte af. In breedte nemen de drie eerste ringen toe, zoodat zij een doorloopenden boog vormen en het lichaam op den derden ring het breedst is; na dezen nemen de ringen een weinig in breedte af, zoodat de laatste borstring omstreeks twee derden van den derden bedraagt

De voorrand van den eersten ring is in het midden diep uitgesneden, in welke uitsnijding de kop zich vertoont en, daar de ring ook de zijden van den kop omvat, tot voorbij den achterrand der oogen, is hij eenigszins hoefijzerachtig gebogen: de achterrand vormt een cirkelboog, op de middellijn min of meer duidelijk puntig verlengd. De tweede ring heeft den achterrand op de vlakte van den rug slechts weinig gebogen, den zijrand in zachte bocht naar voren loopend. Bij den derden is de achterrand recht of zelfs in het midden eenigszins naar voren ingebogen met afgeronde zijhoeken.

Bij de volgende ringen neemt die buiging van den achterrand toe, zoodat de bocht op den rug grooter wordt en aan de zijden de ringen steeds breeder worden, terwijl de insnede van den laatsten borstring een derde van den afstand der uiteinden van dien ring bedraagt, en de grootste helft van het abdomen, het eindlid niet mede gerekend, omvat.

De epimeriën vormen bij den tweeden of derden ring eenvoudige belegstukken, die smal zijn en de geheele zijde van den ring innemen; bij de volgende segmenten vertoonen zij zich als knobbels, tusschen de insnijdingen der segmenten, aan den voorkant van het segment waartoe zij behooren.

Het abdomen, ofschoon duidelijk afgezet, is slechts weinig smaller dan de laatste borstring; het heeft bijna evenwijdige zijden en wordt niet smaller tegen het uiteinde. De eerste ring wordt op de zijden door de naar achteren gebogen zijstukken van den laatsten borstring bedekt, de overigen zijn geheel vrij. Zij zijn kort, regelmatig aan de zijden naar achteren gebogen met steeds flauwere bocht op den rug. Over het midden der rugvlakte van de abdominaal-segmenten loopt een duidelijke kiel, die op het eerste de geheele breedte tusschen de zijschenkels van het laatste borstsegment inneemt en op het laatste lid als in een knobbel eindigt. De laatste achterlijfsring heeft het rugschild nagelvormig, de vrije randen een weinig naar onderen omgebogen, waardoor het den indruk maakt hartvormig te zijn.

Op de onderzijde ziet men de middelmatig groote pooten, allen van haaknagels voorzien; het eerste lid van den tarsus is grooter en dikker dan de overigen, doch niet verbreed. Terug-

gebogen d. i. in hunne natuurlijke positie gebracht, laten de pooten slechts een zeer klein gedeelte van de borstringen zien, van welke de derde en vierde de langsten zijn en het laatste twee tepelvormige aanhangsels heeft, op de middellijn door eene duidelijke insnijding ter diepte van twee derden der lengte gescheiden.

De bladvormige aanhangsels der buikpooten worden door de beide naast elkander liggende van den eersten ring geheel bedekt; zij zijn langwerpig, gerond-puntig toeloopend; het vlies van den voorlaatsten ring is niet gefronst.

De aanhangsels van het laatste lid zijn even lang, iets voorbij het schild uitstekend, puntig-lancetvormig.

De vrouwelijke voorwerpen zijn bijna eens zoo groot als de mannelijke. Het lichaam is twee derden van zijn lengte breed, vrij regelmatig eivormig en op den rug meer gewelfd.

De kop is, in verhouding, aan die van ♂ gelijk; de sprieten zijn korter, de voorste bereiken de helft der oogen, de achterste reiken even voorbij de oogen, hunne eerste leden worden door het vooruitspringende voorhoofd bedekt.

De monddeelen staan meer naar voren, doch zijn voor het overige naar den grondvorm der Cymothoa's gevormd.

De thorax heeft de ringen op de middellijn van het lichaam in dezelfde verhouding als ♂, in gedaante evenwel stemt slechts de laatste ring overeen.

De eerste, breed en met de afgeknotte verlengsels den kop tot aan den onderrand der oogen omvattend, heeft rechte zijranden en den achterrand bijna recht of slechts zeer weinig naar achteren gebogen. De achterrand van het tweede is recht; het derde heeft eene zachte buiging naar achteren, de volgende zijn steeds meer en meer naar achteren gebogen even als bij ♂, doch met sterkere ontwikkeling der zijstukken, zoodat de verlengde zijstukken van het laatste borstsegment niet slechts den eersten abdominaal-ring bedekken, maar zich tot over den derden uitstrekken.

De epimeriën verhouden zich allen zooals die der vier laatste borstsegmenten bij ♂; zij voegen zich als knobbelachtige verdikkingen aan den voorrand hunner segmenten; bij het tweede en derde vormen zij verlengsels, die de zijden van het

voorgaande segment invatten, zooals dit zonder epimeriën bij het eerste segment plaats heeft. In grootte nemen de epimeriën gelijkmatig af.

Het abdomen is aan zijn basis even breed als de laatste borstring zonder epimeriën; in lengte evenaart het den afstand der zijstukken van het laatste borstsegment, het pygidium niet medegerekend. De ringen zijn kort, in lengte toenemend, zoodat de voorlaatste de langste is. Hun achterrand is regelmatig gebogen, alleen de voorlaatste ring heeft den achterrand recht in het midden en slechts de zijstukken naar achteren en naar buiten gebogen. De kiel op het midden der vlakte van het abdomen is breeder en minder duidelijk aanwezig. Het laatste abdominaal-segment heeft denzelfden vorm als bij het ♂.

De pooten zijn allen haakpooten, in grootte van het eerste tot het laatste paar, hoewel weinig, toenemend. Het eerste lid van den tarsus verbreedt zich naar de binnenzijde regelmatig bij de opvolgende paren van pooten, en is vooral bij het laatste paar ontwikkeld en hier sterk samengedrukt.

De abdominaal-aanhangsels zijn langwerpig, met vrij rechten binnenrand, en puntig verlengd; die van het laatste lid zijn smal en scherp gepunt, van gelijke grootte, en reiken slechts even voorbij de punt van het pygidium.

Door de korte pooten als met een krans omgeven vertoont zich aan de onderzijde van den thorax de broedholte, die bij alle voorwerpen zeer opgezwollen is, bij de meesten voorbij de pooten uitpuilt, wat aan de meerdere ontwikkeling van het broedsel moet worden toegeschreven. De bedekking dier holte bestaat uit ronde, schubvormige vliezen, van welke elk volgende het voorgaande en die van de eene die der andere zijde gedeeltelijk bedekken. Bij een voorwerp, waar die broedholte zeer sterk uitgezet was en ik ze van het broedsel ontledigde, bleven die vliezen zoo staan, dat er eene opening tusschen de twee voorlaatste aanhangsels van beide kanten overbleef.

De jonge voorwerpen komen in algemeenen vorm zeer wel overeen met volwassen voorwerpen van het geslacht Anilocra, maar niet met de larve van eene soort, door M. Edwards afgebeeld. Zij vertoonen de gewone larvenkenmerken, grooten kop en groote oogen, priemvormige sprieten met gelijk breede gele-

dingen, segmenten met evenwijdig loopende randen. Het laatste abdominaal-segment is in verhouding kort, schildvormig; het heeft lancetvormige aanhangsels, die de helft langer zijn dan het rugschild zelf, en die even als het schild met lange haren bezet zijn.

Het geheele lichaam en ook de pooten zijn met vertakte, stervormige zwarte figuren bezet, voornamelijk aan den achterrand en den zijrand der segmenten in eene rij staande, meer opeengehoopt op het lichaam van het laatste segment.

Ook op de volwassen voorwerpen worden die sterretjes, doch meestal slechts als zwarte puntjes waargenomen, over het geheele rugschild spaarzaam verstrooid, maar voornamelijk op den kop menigvuldig.

De afmetingen zijn de volgende:

	♂	♀
geheele lengte	10′′′	19′′′
lengte van den kop	1.5′′′	2′′′
〃 〃 〃 thorax.	5′′′	9.5′′′
〃 〃 het abdomen	3.5′′′	7.5′′′
〃 〃 't laatste abd.-segment .	2′′′	4′′′
breedte op den derden borstring. .	6′′′	12′′′
〃 〃 〃 zesden achterlijfsring.	2.5′′′	4.5′′′

De beschreven parasiet is dezelfde omtrent wiens levenswijze en woonplaats ik in December des vorigen jaars eene voorloopige mededeeling deed, *) onbewust dat Dr. P. Bleeker reeds veel vroeger het feit had ter sprake gebragt. De bijzonderheid welke de soort met betrekking tot haar verblijf aanbiedt, schijnt mij te vorderen, dat de geheele geschiedenis hier te boek worde gesteld.

Reeds in 1860 schreef †) de Heer Jellinghaus, toen assi-

---

*) Proces-verbaal van de gewone vergadering der afdeeling Natuurkunde van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, 1868—1869, No. 6.

†) Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch-Indie, uitgegeven door de Koninklijke Natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch-Indie, Deel XXII, bladz. 373 in het Verslag der Bestuursvergadering gehouden 28 Junij 1860.

stent-Resident van Sumadang aan de Natuurkundige Vereeniging van Nederlandsch-Indie.

„In het riviertje Tjikerang, district Tjilokotot, regentschap „Bandong, worden visschen aangetroffen, welke een gat in den „buik hebben, waarin een diertje naar het schijnt tot het ge- „slacht der Crustaceen behoorende, huist.

„Een aantal visschen zijn op mijn verzoek aldaar gevangen „en allen zonder onderscheid, groot en klein hadden die bij- „zonderheid, terwijl de inlanders mij verzekerden, dat in de „nabij gelegene rivier, waar die vischsoort mede gevonden wordt, „zulks niet het geval was.

„Volgens opgave der inlanders is de naam van den visch „Bĕntĕr en van het diertje Songkeat."

Bij dien brief waren exemplaren der vischsoort gevoegd, die door den Heer Bleeker erkend werden te zijn: Systomus (Barbodes), doch bij deze werd de vermelde bijzonderheid niet aangetroffen. Het Bestuur der Vereeniging noodigde den Heer Jellinghaus uit tot het inzenden van meerdere exemplaren. Of aan dit verzoek later voldaan is blijkt niet uit de Verslagen.

De voormalige Gouv.-Generaal van N. Indie L. A. J. W. Sloet van de Beelen, werd op eene reis door Java met die bijzonderheid bekend en door de welwillende belangstelling Zijner Excellentie kwam het Rijks-Museum v. Nat. Hist. te Leiden, in het bezit van eenige exemplaren van den visch zoowel als van het schaaldier.

Deze voorwerpen werden, volgens de daarbij gevoegde etiquetten, verzameld door den Heer Jellinghaus, in de ook in zijn brief aangeduide rivier en voeren de inlandsche namen Benter en Songkeat. Dr. Bleeker benoemde de vischsoort als Puntius, subg. Barbodes, maculatus. Door deze bezending aan het feit herinnerd, heeft Dr. Bleeker in zijne verzameling twee exemplaren van den visch aangetroffen, bij welke de Songkeat voorkwam, welke hij in de Vergadering der Kon. Akademie van Wetenschappen *) vertoonde.

Bij alle het Rijks-Museum toegezonden voorwerpen der vischsoort, in grootte en dus ook in leeftijd zeer verschillend, daar

*) Proces-verbaal enz. 1862—1863.

het kleinste vijf centim. lengte heeft, terwijl het grootste acht en een halven centim. bereikt, wordt het verschijnsel waargenomen.

De uitwendige bekleedselen van den visch zijn onder of even achter de buikvinnen doorboord met eene dwarse opening. Naar evenredigheid van het individu is deze opening aanzienlijk, in verhouding tot den parasiet echter is zij onbeduidend, daar zij ten hoogste een vierde gedeelte van de breedte van het wijfje bedraagt.

Zij voert in eene zakvormige holte, schuins opgaande, naar den voorkant van den visch gerigt, gevormd door eenvoudig ter zijde schuiven der inwendige deelen, daar er geene verscheuring der vliezen wordt waargenomen.

Bij één exemplaar is even achter de buikvinnen op de middellijn van het lichaam eene tweede opening aanwezig, welke in de lengte loopt en meer het gevolg schijnt van toevallige verscheuring door de vrij sterke uitzetting van de huid. Zij komt in dezelfde holte uit waartoe de dwarse opening geleidt.

Er is echter een ander exemplaar aanwezig, waarbij aan elke zijde van de middellijn des lichaams eene opening zich vertoont, die elke in een afzonderlijken zak voeren, beide met den parasiet bezet en geheel door een vliezig tusschenschot van elkander afgescheiden.

In de holte bevindt zich een paar van den parasiet, mannetje en wijfje. Het wijfje ligt met den rug naar den buitenwand gewend en boven haar het mannetje, bij alle voorwerpen die ik gezien heb, met den rug tegen hare onderzijde aan, het achterste uiteinde van beider lichaam op dezelfde hoogte, even onder de oppervlakte der vischhuid.

Die verblijfplaats der parasieten is tot nog toe een geheel op zich zelf staand verschijnsel.

De meeste Cymothoadae leven parasitisch op de huid der visschen, Cymothoa Stromatei, Bleeker, leeft in de mondholte van Stromatus niger, doch er is mij geen voorbeeld bekend, dat eene soort uit deze afdeeling zich in de bekleedselen van zijn gastheer inboort en daar steeds gepaard voorkomt.

Uit de verhouding van de breedte van het wijfje en de geringe wijdte der opening volgt, dat dit in jeugdigen toestand haar verblijf betrekt. De geringere grootte van het mannetje

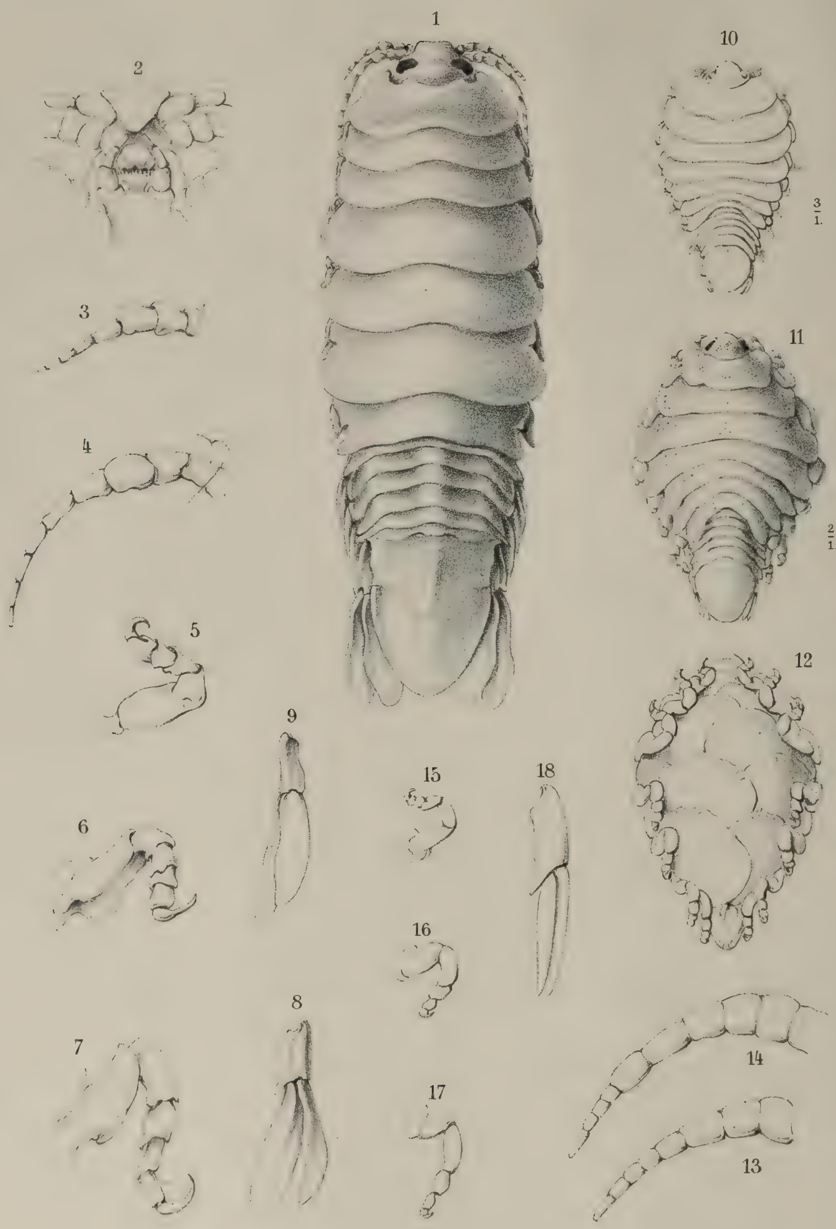
zou een toe- en uittreden mogelijk maken bij de elasticiteit der vischhuid in het leven, en men zou kunnen veronderstellen, dat het dat verblijf van het wijfje slechts ter copulatie bezocht. Dat dit evenwel het geval niet is blijkt, en uit de plaats welke het in de holte inneemt, achter of boven het wijfje, en uit de omstandigheid, dat de meeste wijfjes hare broedholte geheel met eieren of embryonen gevuld hebben, van welke er in één wijfje vier-en-tachtig gevonden werden, waardoor zij zoodanig in grootte toenemen, dat aan beweging in de holte moeielijk kan gedacht worden.

Buitendien is het opmerkelijk, dat de bewoonde vischsoort tot de zoetwater-visschen *) behoort, van welke zij de tweede soort is waarop parasieten zijn waargenomen, die in den regel in de zee te huis behooren.

De verhouding der beide nieuwe geslachten tot de reeds bekende, en de plaats die zij in de systematische reeks zouden moeten innemen, meen ik vooreerst niet te moeten behandelen. Het onderzoek van meer voorwerpen, die onze rijksverzameling bevat, of die ik hoop er te zullen kunnen vereenigen, zal voorzeker nieuwe gezichtspunten aangeven en de betrekking der verschillende vormen duidelijker maken dan nu nog het geval is. Ook elders zullen onbekende soorten en geslachten bijeengebragt en bekend gemaakt worden, en zoo zullen wij tot die kennis geraken van het meerendeel der bestaande vormen, die alleen de grond zijn kan van eene vaste rangschikking.

---

*) Over zeedieren in het zoete water voorkomende, heeft laatstelijk Dr. E. von Martens gehandeld in Troschel's Archiv f. Naturgeschichte, Bnd. XXXIV, 1868. Uit verschillende dierklassen somt hij vele voorbeelden op, ook van Crustacea. Bij de afdeeling der zwemmende Isopoden vermeldt hij de familie der Sphaeromacea met eene soort in Japan waargenomen, en de beide tribus der familie der Cymothoadae, uit de eerste van welke, de errantia, hij eene Aega-soort door hem in de rivier Capoeas, in 't binnenland van Borneo gevonden, opnoemt, terwijl de tweede tribus, die der parasitica, alleen door Cymothoa amurensis, Gerstfeldt, wordt gerepresenteerd op Cyprinus lacustris, in de Amour-rivier waargenomen. De waarneming van Jellinghaus voegt hier een tweede voorbeeld bij.



Epichthys giganteus Fig. 1-9. Ichthyoxenos Jellinghausii Fig. 10-18.

A J W ad nat. et in lap del

P.W.M.T impr.

VERKLARING DER PLAAT.

Epichthys giganteus.

Fig. 1. Wijfje, in nat. gr.
〃 2. Voorhoofd, van de onderzijde, $\frac{5}{2}$.
〃 3. Linkerspriet van 't eerste paar, $\frac{2}{1}$.
〃 4. 〃 van 't tweede paar, $\frac{2}{1}$.
〃 5. Rechterpoot, van 't derde paar, $\frac{2}{1}$.
〃 6. 〃 van 't vijfde paar, $\frac{2}{1}$.
〃 7. 〃 van 't zevende paar, $\frac{2}{1}$.
〃 8. Linkeraanhangsel van 't laatste lid, van de boven- en binnenzijde, in nat. gr.
〃 9. Hetzelfde, van de buitenzijde, in nat. gr.

Ichthyoxenos Jellinghausii.

Fig. 10. Mannetje, van boven, $\frac{3}{1}$.
〃 11. Wijfje, van boven, $\frac{2}{1}$.
〃 12. Hetzelfde, van onderen, $\frac{2}{1}$.
〃 13. Linkerspriet van 't eerste paar, $\frac{25}{1}$.
〃 14. 〃 van 't tweede paar, $\frac{30}{1}$.
〃 15. Rechterpoot van 't derde paar, $\frac{3}{1}$.
〃 16. 〃 van 't vijfde paar, $\frac{3}{1}$.
〃 17. 〃 van 't zevende paar, $\frac{3}{1}$.
〃 18. Linkeraanhangsel van 't laatste lid, van boven, $\frac{8}{1}$

ONTLEEDKUNDIGE ONDERZOEKINGEN

EN

WAARNEMINGEN.

DOOR

W. KOSTER.

Voorgedragen in de gewone Vergadering van 30 October 1869.



I.

DE ONDERSTE RECHTER KIEUWBOOGSLAGADER VAN HET EMBRYON, HERKENBAAR IN DE ARTERIAE BRONCHIALES.

Door de onderzoekingen van VON BAER en RATHKE weten wij dat aan de ontwikkeling van het hart en de groote bloedvaten, bij alle klassen der gewervelde dieren, hetzelfde embryonale stelsel van bloedvaten ten grondslag ligt.

Gelijk bekend is, kan men dan ook de meeste verschillen in de inrichting van het hart, en in den loop en de eerste vertakkingen der arteria aorta bij visschen, reptiliën, vogels en zoogdieren, ja, ook de wijzigingen welke bij den mensch als „anomaliën" bekend zijn, uit wijzigingen in den ontwikkelingsgang van de hartbuis en het oorspronkelijke stelsel der kieuwboogslagaders verklaren.

Zonder in bijzonderheden te treden over de wijze van ontwikkeling der groote bloedvaten in het menschelijke lichaam, wil ik hier alleen in herinnering brengen, dat de onderste (vijfde) linker kieuwboogslagader, in verband met de door splitsing van den truncus arteriosus zich vormende arteria pulmonalis, ductus arteriosus Botalli wordt, terwijl de daarop naar boven volgende (vierde) den boog der arteria aorta voortbrengt. Verder vindt men, zooals bekend is, in den truncus brachio-cephalicus en

en arteria subclavia dextra de rechter vierde kieuwboogslagader (analogon van den aortaboog der linkerzijde) terug, terwijl de eerste bocht der arteria carotis interna aan iedere zijde nog aan de derde kieuwboogslagader herinnert, en de arteria carotis communis en externa uit de binnenste, het vervolg der arteria carotis interna uit de buitenste verbindingsstukken der hooger gelegene kieuwboogslagaders zijn voortgekomen.

Algemeen wordt aangenomen, dat, bij de ontwikkeling van het menschelijk lichaam, de onderste (vijfde) kieuwboogslagader der *rechter* zijde geheel verdwijnt. Ik meen daarentegen te kunnen aantoonen, dat in de arteriae bronchiales (bepaaldelijk in de somtijds voorkomende grootere rechter arteria bronchialis) de vijfde rechter kieuwboogslagader van het embryon teruggevonden wordt; en dat deze theorie sommige bijzonderheden der arteriae bronchiales verklaren, enkele gewichtige vaatanomaliën ophelderen, en zelfs sommige ziekteprocessen, welker ontstaan tot nu toe duister was, toelichten kan.

Tot de genoemde meening omtrent de beteekenis der arteria bronchialis kwam ik door het onderzoek van een geval, waarin één groote slagader achter uit den boog der aorta ontsprong, een kleinen tak voor de linker long afgaf, en daarna vóór het onderste gedeelte der luchtpijp heenliep om langs den rechter bronchus en over eene kleine uitgestrektheid zelfs boven dien bronchus te verloopen en zoo naar de rechter long te gaan. Daarenboven bestonden er nog, zoo als gewoonlijk, kleinere bronchiale slagaderen. Deze waarneming was niet nieuw, *) maar ik had nimmer zelf nog zulk eene sterk ontwikkelde arteria bronchialis dextra gezien. In verband met de studie der metamorphosen van de kieuwboogslagaders van het embryon, waarbij het mij steeds getroffen had, dat de rechter onderste bij den mensch zoo volkomen zou verdwijnen, terwijl zij bij de amphibiën voor de ontwikkeling van het long-bloedvaatstelsel van zoo groot belang is, en in sommige gevallen van

---

*) Dit kan, onder anderen, blijken uit de beschrijving in HENLE's Handbuch, Bd. III, Abtheil. 1, S. 155, waar men het voor mijn later onderzoek gewichtige feit vindt dat de slagader zelfs over den bronchus henen, den achterwand van dezen bereikt.

„abnormale ontwikkeling" toch open blijft *) voerde mij de waarneming dier sterk ontwikkelde arteria bronchialis dextra tot de reeds uitgesproken meening.

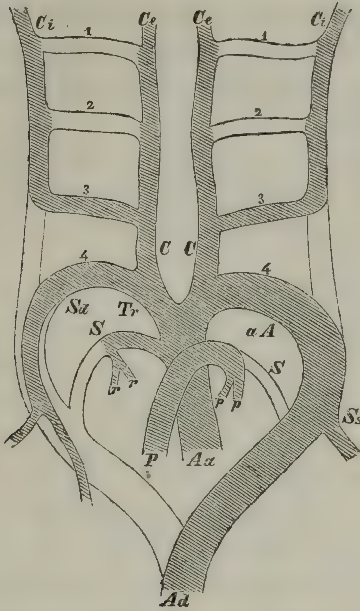
Verder onderzoek op vergelijkend ontleedkundig terrein, en van de „anomaliën" welke bij den mensch in de ontwikkeling der aorta en harer eerste vertakkingen voorkomen, schijnt die meening te bevestigen. Reeds de beschrijving van den loop der arteria bronchialis dextra tot boven den rechter bronchus, zooals zij gewoonlijk bij den mensch voorkomt, moet, nu eenmaal de meening omtrent hare beteekenis uitgesproken is, sterk voor deze laatste pleiten. Hoe komt anders een arteria bronchialis, die daarenboven slechts nu en dan voorkomt, maar zich dan ook door hare bijzondere sterkte onderscheidt, van den achterwand der aorta af naar rechts, en over den rechter bronchus henen, te verloopen, terwijl de weg voor de gewone, kleinere slagaderen van latere vorming zoo veel eenvoudiger kan zijn? Neemt men voor een oogenblik de juistheid der meening aan, dan wordt het terstond begrijpelijk, dat de arteria bronchialis dien loop hebben moet, want de rechter onderste kieuwboogslagader staat tot den rechter bronchus in dezelfde verhouding als de linker onderste tot den linker. Denken wij ons het embryonale bloedvaat-stelsel bij den mensch geheel ontwikkeld als bij een kikvorsch of salamander, dan zal links de open gebleven ductus arteriosus Botalli, de vijfde kieuwboogslagader voorstellen, die over den linker bronchus henen in de neêrdalende aorta overgaat, terwijl rechts de arteria bronchialis, als rechter onderste kieuwboogslagader, over den bronchus dier zijde henen loopt, en zich door het, eveneens opengebleven neêrdalende stuk, met dat der andere zijde in de neêrdalende aörta vereenigt, waardoor de ringvormig om de luchtpijp heen loopende aorta der amphibiën ontstaat. Zooals bekend is blijft het neêrdalende stuk van de rechter onderste kieuwboogslagader bij den mensch nu en dan open, en verklaart den zonderlingen loop der rechter arteria subclavia, die dan uit de neder-

*) Het weinige wat daarvan bekend is, vindt men opgegeven in het aangehaalde werk van HENLE S. 224. Over de beteekenis dier anomaliën, in verband met mijne beschouwingen, handel ik later.

dalende aorta ontspringt. Dit feit wijst op een verband van de links ontspringende rechter arteria subclavia met de arteria bronchialis, volgens mijne opvatting, waarop ik nog terugkomen zal.

Vooraf moge nevensgaand schema de verhouding tusschen de blijvende slagaderen in het menschelijk lichaam, vooral met het oog op de rechter onderste kieuwboogslagader verduidelijken:

Fig. 1.

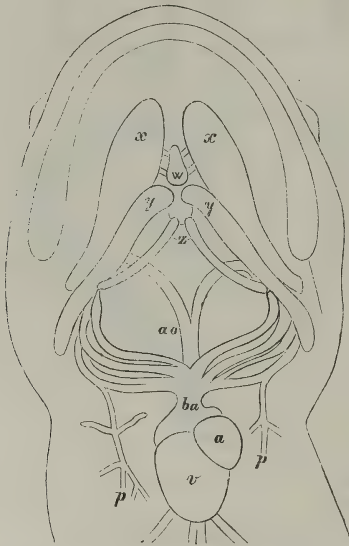


A a. Aorta adscendens.
P. Arteria pulmonalis.
a A. Boog der aorta (linker 4de kieuwboogslagader.)
A. d. Aorta descendens.
Tr. Truncus brachiocephalicus.
S d. Art. subclavia dextra.
C. " carotis communis.
C e. " " externa.
Ci. " " interna.
S s. " subclavia sinistra.
1. 2. Bovenste verdwijnende kieuwboogslagaders.
3. Bocht der art. carotis interna.
4. Vierde kieuwboogslagaderen.
S. Links, bij het foetus, Ductus Botalli. Rechts, voor een gedeelte blijvende, als *arteria bronchialis dextra.*
p p. Arteriae pulmonales. Longtakken van den linker aorta-wortel.
r r. Longtakken van den rechter aorta-wortel (a. a. bronchiales.)

Het valt bij dit schema reeds in het oog, dat ik de takken der arteria pulmonalis van den mensch als homoloog met de longtakken van de onderste linker kieuwboogslagader of linker aorta bij den bloedsomloop der amphibien beschouw, terwijl de arteria bronchialis, bij de beteekenis welke ik er aan toeken, met de longtakken der onderste rechter kieuwboogslagader of rechter aorta bij dezelfde dieren, overeenkomt.

Tot meerdere opheldering daarvan moge figuur 2 dienen, waarin het hart en de groote bloedvaten van Salamandra maculata (ontleend aan BUSCONI) voorgesteld zijn, en welke als type van de inrichting, bij de Salamandrina en Batrachi in het algemeen, kan gelden.

Fig. 2.



w. x. y. z. Tongbeentoestel.
a. Boezem van het hart.
v. Kamer 〃 〃 〃
b a. Bulbus arteriosus.
a o. Arteria aorta.
p.p. Longtakken uit de onderste rechter- en linker kieuwboogslagader. *)

---

*) Duidelijkheidshalve blijf ik van vijf kieuwboogslagaderen spreken, en van de onderste als vijfde, ofschoon er, zooals bekend is, bij de visschen, zoowel als bij de amphibiën, somtijds drie of vier voorkomen, en bij het embryon der zoogdieren zeker nimmer vijf tegelijk aanwezig zijn Voor het algemeene schema, en het beschouwen der overeenkomsten bij de verschillende groepen der gewervelde dieren, moet men echter vijf kieuwboogslagaderen aannemen.

Terwijl echter bij de gelijkmatige ontwikkeling der onderste kieuwboogslagaders der amphibiën aan beide zijden de longtakken symmetrisch verloopen, is de verhouding in het menschelijk lichaam geheel gewijzigd. Bij den eersten oogopslag is er geen de minste overeenkomst meer, en zou men zelfs aan den oorsprong en den loop der arteria bronchialis bij den mensch, (aan den achter-onderwand van den boog der aorta en van de linkerzijde af naar rechts) twijfel tegenover mijne voorstelling kunnen ontleenen. Men moet hierbij echter de draaiing van het hart en de groote vaten van links naar rechts tijdens de ontwikkeling in het oog houden.

Denkt men, met het oog op het schema van RATHKE, de arteria pulmonalis weder van rechts naar links teruggedraaid, en links naast de aorta adscendens gelegen, dan wordt de symmetrie hersteld, en de verhouding zooals bij het embryon, en bij de amphibien.

Bij de laatsten ontbreekt, zooals bekend is, het tusschenschot der hartkamers. Daarmede staat de gelijkmatige ontwikkeling van de slagaderen rechts en links, daar er toch geen scheiding tusschen grooten en kleinen bloedsomloop tot stand komt, en de aanwezigheid van even groote longtakken uit de vijfde kieuwboogslagader links en rechts, het ontbreken van een tegenstelling tusschen arteriae bronchiales en pulmonales, in verband. Bij den mensch (en bij alle zoogdieren geldt wel in het algemeen hetzelfde) echter, komt met de volledige scheiding van rechter en linker hartekamer, en met de noodzakelijkheid dat al het bloed de longslagader (linker vijfde kieuwboogslagader) passeeren moet, de sterke ontwikkeling van het linker long-slagaderstelsel tot stand; de rechter vijfde kieuwboogslagader wordt noodzakelijk minder ontwikkeld, maar blijft, om haar verband met de blijvende aorta, slagaderlijk bloed naar de longen voeren (arteria bronchialis dextra).

Slechts de kennis der ontleedkundige bijzonderheden omtrent de arteriae bronchiales, en van de weldra te beschouwen abnormale ontwikkelingsvormen, welke uit den aard der zaak alleen in het menschelijk lichaam door de pathologen nauwkeuriger bestudeerd zijn, kon tot het ontdekken van de overblijfselen der rechter onderste kieuwboogslagader voeren. Vandaar dat

en VON BAER en RATHKE, met die anthropotomische en pathologisch-anatomische bijzonderheden niet bekend, bij de vogels en zoogdieren de genoemde kieuwboogslagader geheel laten verdwijnen. RATHKE is in zijn uitspraak zoo absoluut, dat de mogelijkheid van het tegendeel niet bij hem schijnt opgekomen te zijn. Na de uiteenzetting van de veranderingen der overige kieuwboogslagaders, zegt hij: „Der ganze fünfte Bogen der rechten Seite vergeht schon sehr frühe, ohne eine Spur zurück zu lassen" (Entwickelungsgeschichte der Wirbelthiere, Leipzig, 1861, S. 192). Daarentegen heeft VON BAER, de geniale en grondige onderzoeker, feitelijk de longtakken uit de vijfde rechter kieuwboogslagader gezien, welke ik op grond van anatomische en pathologische waarnemingen meende te moeten eischen. Doch het bestudeeren van den normalen, typischen gang bij zoogdieren voerde ook hem tot de meening, dat de onderste kieuwboogslagader der rechter zijde geheel verdwijnt — wat trouwens wel de regel is, ook bij den mensch. Op bladzijde 212 van het meesterwerk „Ueber Entwickelungsgeschichte der Thiere; Beobachtung und Reflexion. Königsberg, 1837. 2te Theil" zegt VON BAER: „Auch glaubte ich mit ziemlicher Sicherheit zu sehen, das hier die beiden letzten Gefässbogen (d. i. rechts en links) sich in die Lunge verzweigten und Lungenschlagadern wurden, nachdem die Fortsetzung des linken fünften Bogens wegen seines stärkeren Blutstromes als Botallischer Gang während des ganzen Embryonenlebens unmittelbar in die Aortenwurzel dieser Seite oder die künftige Aorta übergegangen war, auf der rechten Seite aber die rechte Wurzel der Aorta eine kurze Zeit auch als ein längerer und dünnerer Botallischer Gang bestanden hat. Die ungemeine Schwierigkeit, die man zu überwinden hat, um den Veränderungen des Gefässsystems zu folgen, hat mich noch nicht vollständig auffinden lassen, wodurch die Differenz hervorgebracht wird, welche später in der Vertheilung der grössern Arterienstämme bei den verschiedenen Ordnungen gefunden wird." Evenmin als bij deze gelegenheid heb ik in latere werken van VON BAER kunnen vinden, dat hij uit de genoemde onderzoekingen omtrent de kieuwboogslagaderen, het ontstaan van arteriae bronchiales afleidt.

Nog een andere beschouwing over de ontwikkeling van blij-

vende bloedvaten uit de onderste rechter kieuwboogslagader mag niet onvermeld blijven, al is zij vrij onwaarschijnlijk. In een uitgebreide verhandeling over „Onregelmatigheden der longslagader, van den aortaboog en de eerste takken daarvan" (British and for. med. Review, 1862), vermeldt W. TURNER een geval, bij een pas geboren kind door BRESCHET waargenomen. van *open blijven der beide onderste kieuwboogslagaders.* Hij vond namelijk dat de linker tak der arteria pulmonalis naar de linker long, maar de rechter in de arteria subclavia dextra overging. Iets bijzonders over de arteriae bronchiales wordt niet vermeld. De schrijver meent uit zijn waarneming te mogen besluiten, dat de rechter takken der arteria pulmonalis niet uit de linker, maar uit de rechter vijfde kieuwboogslagader, voortkomen. (Hij schijnt te meenen dat de rechter tak der arteria pulmonalis steeds met de vierde rechter kieuwboogslagader samenhangt, maar in normale gevallen verdwijnt, doch te vergeten dat de takken voor de rechter long uit de vijfde rechter kieuwboogslagader, niet met de arteria pulmonalis, maar met de aorta in verband staan). Een beter inzicht in dezen anomalen samenhang tusschen arteria pulmonalis en subclavia dextra, zal uit mijn opvatting der arteria bronchialis, als overblijfsel der vijfde rechter kieuwboogslagader, weldra mogelijk blijken te zijn.

De opvatting der arteria bronchialis dextra, als overblijfsel der rechter onderste kieuwboogslagader, brengt derhalve verband tusschen de ontwikkeling van het bloedvaat-stelsel bij de lagere en hoogere gewervelde dieren, en verklaart sommige feiten uit de vergelijkende ontleedkunde.

Doch van nog meer belang schijnt mij nog de opheldering welke zij kan geven van sommige vaat-anomaliën en „ziekelijke" toestanden, door ongewone ontwikkeling ontstaande. Ik wees er reeds op dat KRAUSE (in het vroeger aangehaalde werk van HENLE) ter verklaring van sommige vaatanomaliën een open blijven van de vijfde rechter kieuwboogslagader moet aannemen. Die anomaliën zijn:

1. Een groote verbindingstak tusschen den rechter tak der arteria pulmonalis en de arteria anomyma.

2. De arteria subclavia dextra is een tak der arteria pulmonalis.

3. De arteria subclavia dextra is een tak van de aorta descendens.

De eerste en tweede anomalie zijn slechts in graad van elkander verschillend. Zij berusten beide naar de meening van KRAUSE (t. a. p. blz. 224) op het openblijven van de vijfde rechter kieuwboogslagader. Tegen deze meening op zich zelve heb ik geen bezwaar, maar KRAUSE heeft geen de minste poging gedaan om op te helderen hoe die anomaliën op de genoemde wijze ontstaan kunnen. Hij vermeldt de feiten zelve slechts ter loops, en schijnt op zijn telkens bij het opgeven van de anomaliën toch herhaald schema niet gelet te hebben, toen hij meende, door de eenvoudige opgave van het open blijven der rechter onderste kieuwboogslagader, de zaak opgehelderd te hebben. Immers de laatstgenoemde kieuwboogslagader staat, na de splitsing van den truncus arteriosus communis in arteria aorta en pulmonalis *met de aorta in verband;* en, al blijft zij open, een verklaring van den oorsprong der arteria subclavia dextra uit de arteria pulmonalis, wordt, zonder meer, daardoor niet gegeven; vooral niet, indien, zooals in het best bekende geval van HEYFELDER *) overigens geen abnormiteiten in den oorsprong der groote vaten of in de ontwikkeling van het hart bestaan. Gaat men echter van het door mij aangenomen feit uit, dat de rechter onderste kieuwboogslagader oorspronkelijk, even als bij de amphibiën, longslagaderen afgaf, geheel overeenkomstig met die der linkerzijde, dan wordt het mogelijk zich een voorstelling te maken van den zonderlingen oorsprong der arteria subclavia dextra uit de arteria pulmonalis. Men moet daarvoor aannemen, dat oorspronkelijk de rechter kieuwboogslagader takken vormde, zoowel voor de rechter- als de linkerlong, even als de linker kieuwboogslagader het doet (rechter en linker artt. pulmonales), en een verband eischen tusschen de vertakkingen der embryonale longslagaderen van de rechter en linkerzijde, een verband, dat ongetwijfeld mag aangenomen worden. Zooals bekend is, vloeit ook in het volwassen normale lichaam het takgebied der arteriae bronchiales, met dat der arteriae pulmonales in de longen zamen, en wat wij van de

*) Studien im Gebiet der Heilwissenschaft. 1838.

ontwikkeling der longen in het embryon weten, rechtigt zeker tot het aannemen van oorspronkelijken samenhang tusschen de vertakkingen der onderste kieuwboogslagaderen van beide zijden. Immers de longen ontstaan als een enkelvoudige uitstulping van den darm, waarom de kieuwboogslagaders loopen, en worden eerst later in tweeën gescheiden. (Zie ook de vroeger vermelde waarneming van VON BAER). Bij de normale ontwikkeling wordt nu, op de reeds vroeger ter loops geschetste wijze, vooral het terrein der linker arteriae pulmonales sterk ontwikkeld, en dat der rechter (der latere bronchiales) blijft onbeduidend, verdwijnt misschien in vele gevallen geheel, terwijl arteriae bronchiales van secundairen oorsprong, uit de aorta descendens of uit arteriae intercostales, aan de longen slagaderlijk bloed toevoeren. *) In vele gevallen blijft echter ook de rechter onderste kieuwboogslagader voor een gedeelte zelfstandig bestaan (arteria bronchialis dextra) en slechts het neêrdalend gedeelte dat, na over den bronchus dexter geloopen te zijn, zich met de overeenkomstige der linkerzijde tot aorta descendens vereenigde, verdwijnt geheel (tenzij het als arteria subclavia dextra anomala tot ontwikkeling komt).

Dat bij deze twee gevallen van normale ontwikkeling ook de takken van samenhang tusschen de longtakken uit rechter en linker onderste kieuwboogslagader (door welke als het ware in ieder geval het gevaar van een blijvende gemeenschap tusschen aortatakken en pulmonalistakken dreigt) verdwijnen, heeft niets bevreemdends. De eenzijdige ontwikkeling der linker longvaten, en de plaatsverandering der groote bloedvaten, en de organen in de borstholte in 't algemeen, bij den verderen groei, maken dat begrijpelijk. Doch bestaat de aanleg voor een blijvenden samenhang tusschen takken der latere arteria pulmonalis en de longtakken der rechter kieuwboogslagader, dan kan, bij abnormale ontwikkeling, die samenhang blijven, en daaruit nu een abnormaal bloedvat ontstaan Hierin kan weder de grond voor het openblijven van de rechter onderste kieuwboogslagader gele-

---

*) Immers niet in alle gevallen bestaat de arteria bronchialis dextra, welke ik beschreef, en als het eigenlijke overblijfsel der rechter onderste kieuwboogslagader beschouwde; of zij is ten minste zoo weinig ontwikkeld, dat zij van de overige niet te onderscheiden is.

gen zijn, hetzij de oorsprong uit de aorta daarbij bewaard blijft of gesloten wordt. In 't laatste geval zal (zoo als in de best beschrevene waarnemingen het geval schijnt geweest te zijn) een bloedvat van de arteria pulmonalis, of van haar rechter tak af, in de neêrdalende rechter aorta overgaan, en wel, zooals een blik op het schema van RATHKE leert, ter plaatse van den oorsprong der arteria subclavia dextra. Van die plaats af tot aan de vereeniging met de linker neêrdalende aorta verdwijnt nu echter, als gewoonlijk, de rechter aorta; en wij hebben het geval van een vereenigingstak tusschen arteria pulmonalis en anonyma, welke laatste (door ontwikkeling van den vierden rechter kieuwboog) op de gewone wijze is tot stand gekomen. Of wel bij deze abnormale ontwikkeling van de vijfde rechter kieuwboogslagader, komt de vierde niet tot behoorlijke ontwikkeling, en wij hebben het geval van een werkelijken oorsprong der arteria subclavia dextra uit de arteria pulmonalis.

Bleef bij dezen gang van zaken ook de oorsprong der vijfde rechter kieuwboogslagader uit de (latere) aorta adscendens bestaan, dan zou er verband tusschen arteriae bronchiales en het abnormale vat waardoor arteria pulmonalis en subclavia dextra samenhangen, kunnen gevonden worden. Zulk een verband zou tevens de juistheid dezer theoretische beschouwingen bevestigen. Het behoeft echter wel geen betoog dat eerst op grond van deze theorie, bij voorkomende gevallen, op deze en dergelijke anatomische bijzonderheden nauwkeuriger zal gelet worden. In de weinige gevallen welke bekend gemaakt zijn, laat de volledigheid van het ontleedkundig onderzoek te wenschen over.

Terwijl de niet zeldzaam waargenomen gevallen van oorsprong der linker arteria subclavia uit de arteria pulmonalis, of de ge meenschap tusschen arteria pulmonalis en aorta, ter plaatse waar de arteria subclavia ontspringt, uit de openblijvende linker vijfde kieuwboogslagader (ductus arteriostus Botalli) gemakkelijk te verklaren zijn, is thans, naar ik meen, ook een inzicht in de wijze van ontstaan der gemeenschap tusschen de rechter arteria subclavia en de arteria pulmonalis, niet onmogelijk.

De derde vaatanomalie welke ik met mijne beschouwing van de rechter onderste kieuwboogslagader in verband meende te mogen brengen, was de oorsprong der arteria subclavia dextra

aan de linker zijde, uit den boog der aorta, of uit de aorta descendens. Hierin een voortbrengsel van de rechter neêrdalende aorta van het embryon en dus van de voortzetting van de rechter vijfde kieuwboogslagader te zien, lag zóó voor de hand en wordt zóó zeer door de ontleedkundige verhoudingen der abnormaal verloopende slagader bevestigd, dat die verklaring reeds sedert eenige jaren algemeen aangenomen is. Belangrijk zou het nu, met het oog op mijne beschouwing van de embryonale afkomst der arteria bronchialis dextra zijn, te weten of er in sommige gevallen geen samenhang bestond tusschen bronchiaal-slagaderen der rechter zijde en de abnormaal ontspringende arteria subclavia dextra; hetzij dat de laatste rechts bronchiaal-slagaderen afgaf, hetzij dat er tegelijk ontwikkeling van een groote arteria bronchialis dextra had plaats gehad, waarvan takjes over den rechter bronchus henen met takjes der abnormale arteria subclavia dextra anastomoseeren. Op de laatste wijze zou een rudiment van de geheele embryonale vijfde rechter kieuwboogslagader en rechter neêrdalende aorta in het volwassen lichaam bestaan, en de ringvormige aorta der amphibiën vertegenwoordigen.

Met het verband tusschen de abnormaal ontspringende arteria subclavia dextra en de rechter onderste kieuwboogslagader hangt ook te samen een andere groep van anomaliën, welke uit mijne beschouwing der arteria bronchialis dextra eerst hare volledige verklaring schijnen te kunnen vinden, namelijk *de oorsprong van groote longtakken uit de nederdalende aorta.*

Men vindt de voornaamste gevallen daarvan medegedeeld in MECKEL's Handbuch der pathologischen Anatomie, IIter Th., en in het Archiv für die Physiologie von MECKEL, Bnd II en VI. Ik zal ze hier kort vermelden: HUBER *) zag uit de arteria aorta van een tweejarig kind, ter hoogte van den zesden borstwervel een sterken tak ontspringen, die aan den slokdarm en de bronchiaal-klieren takjes gaf, en daarna in de onderkwab der rechter long drong.

MAUGARS †) zag in het lijk van een zevenjarig, goed gevoed

---

*) MECKEL, Handb. d. pathol. Anat. II. S. 134.
†) MECKEL, l. c. S. 135.

kind, dicht bij het middenrif, een tak uit de aorta komen, welke eerst takken aan het middenrif gaf, en daarna zich in twee takken, voor iedere long één, splitste. De gewone arteriae bronchiales — wordt er hier bijgevoegd — waren normaal, even als de longen.

J. F. MECKEL *) beschreef een geval, dat bijna geheel met dat van HUBER overeenkomt, doch de tak der aorta drong hier in de linker-long.

KRAUSE, die in HENLE's „Gefässlehre" met zoo groote nauwkeurigheid alle slagader-anomaliën uit de literatuur te samen gezocht, en comparatief-anatomisch en embryogenetisch toegelicht heeft, noemt er bij de bovengenoemde gevallen nog één, door HYRTL in het lijk van een pasgeboren kind gevonden, waar de ongewone slagader ook in de linker-long drong. Hij zegt, tot opheldering van deze anomaliën alléén, dat men den abnomalen longslagadertak „für eine abnormale Pulmonalarterie angesehen hat, während es sich um abnorme Entwicklung der normalen arteriae bronchiales handelt." †) Het weinig afdoende dezer opmerking (daar vóór KRAUSE wel niemand in de abnormale slagader genetisch, een arteria pulmonalis zal gezien hebben) en de tegenspraak in de „abnorme ontwikkeling" van de „normale arteriae bronchiales" vallen terstond in het oog; en met de rechter onderste kieuwboogslagader en rechter aorta, waarvan het openblijven toch door KRAUSE in sommige gevallen aangenomen wordt (zie vroeger), brengt hij deze feiten volstrekt niet in verband.

Veel nader was J. F. MECKEL de genetische verklaring dezer abnormale longtakken uit de aorta reeds op het spoor.

In Band II van het reeds genoemde Archiv, bladz. 402 e. v., komt een verhandeling van hem voor, getiteld „Beiträge zur Bildungsgeschichte des Herzens und der Lungen der Saügethiere." Belangrijk is wat hij bij zwijnen-embrya van 8‴ lengte, de jongste die hij onderzocht heeft, vond: „Die Lungen liegen als dreieckige, platte, nur in Hauptlappen tief abgetheilte, übrigens glatte Körperchen von der Länge einer Linie neben dem

---

*) Archiv für die Physiologie. Bd. VI, S. 454.

†) HENLE, l. c. S. 280.

unteren Ende der Brustaorta unter dem Herzen, und erhalten ein *ansehnliches aus diesem Theile der Aorte tretendes Gefäss.* (l. c. S. 419).

Daarenboven bestonden er *nog geene longtakken van de arteria pulmonalis,* die overigens reeds van de opstijgende aorta gescheiden was, maar nog geheel in den boog der aorta overging (linker onderste kieuwboogslagader = ductus Botalli).

Aan het slot dezer verhandelingen brengt MECKEL de ontwikkelings-geschiedenis van hart en groote bloedvaten, met de door HUBER en MAUGARS gevonden abnormale longtakken, uit de nederdalende aorta in verband. Die gevallen schijnen hem veel stof tot nadenken gegeven te hebben, want hij komt er bij vele gelegenheden op terug. Hij zegt hieromtrent: „Der anfängliche Mangel der Lungen-pulsaderaeste an der normalen Stelle, wird durch Aeste ersetzt, welche von dem unteren Theile der Brustaorte in der Gegend der Lunge entstehen, später wenn sich die eigentlichen Lungenäste (dat zijn de arteriae pulmonales van het volwassen lichaam) entwickelt haben, entweder ganz verschwinden oder als Bronchialpulsadern erscheinen." (l. c. S. 434). Verder zegt hij, dat dus de gevallen van HUBER en MAUGARS, en nog eenige andere, met mijn beschouwing in geen verband staande anomaliën, in het algemeen zijn te verklaren uit een: „Stehenbleiben auf einer frühern Bildungsstufe."

Tot die algemeene uitspraak moest MECKEL, bij de toenmalige kennis van de ontwikkeling en de veranderingen der kieuwboogslagaderen, zich wel bepalen.

Ik geloof echter dat bij mijne opvatting van den oorsprong der bronchiaalvaten uit de rechter onderste kieuwboogslagader, de normale arteria bronchialis dextra, de abnormaal ontspringende arteria subclavia dextra, en de abnormale longtakken uit de neêrdalende aörta, zooals in de gevallen van HUBER en MAUGARS, allen als een bijeen behoorende serie van ontwikkelingsvormen der rechter onderste kieuwboogslagader en haar vervolg (de over den rechter bronchus loopende rechter aortaboog van het embryon) te beschouwen zijn, en eene bevredigende verklaring kunnen vinden. Het is onnoodig dit breedvoerig aan te toonen. Een blik op het door mij gewijzigde schema van RATHKE (fig. 1) doet het terstond begrijpen, dat

de rechter aorta (zoo zal ik het geheele traject der vijfde rechter kieuwboogslagader en haar vervolg noemen) even gemakkelijk arteria bronchialis, subclavia dextra anomala, en tak voor de long of longen uit de blijvende neêrdalende aorta, (zooals in de gevallen van HUBER e. a) kan worden. De aanleidingen tot het ontstaan dezer anomaliën, voor zoo ver wij er eenige voorstelling van hebben, hier na te gaan, en met name, het verband tusschen aangeboren vernauwing der arteria pulmonalis, en het voorkomen van groote longtakken uit de neêrdalende aorta (beide toestanden zijn te samen waargenomen) te verduidelijken, ligt buiten mijn onderwerp. Maar één punt is nog van gewicht: er mag, op grond van mijn opvatting, in sommige gevallen samenhang tusschen de longtakken uit de neêrdalende aorta en de gewone arteria bronchialis dextra vermoed worden; de abnormale rechter arteria subclavia zal een tak aan de longen kunnen geven, of zelfs met takken der arteria pulmonalis kunnen samenhangen, vooral indien deze (zie vroeger) met de arteria anonyma (alsdan tot carotis gereduceerd) in verband staat. Op al dergelijke mogelijkheden zal mijn meening omtrent de genese der genoemde anomaliën, en der normale arteria bronchialis dextra eerst nauwkeurig doen letten; terwijl het vinden daarvan omgekeerd zeker die meening versterken zal. Ik moet hierbij nog opmerken, dat in het door HUBER beschreven geval reeds een rudiment van de geheele embryonale rechter aorta zou te vinden zijn geweest, indien de normale arteria bronchialis dextra daar bestaan heeft. Immers de abnormale tak voor de rechterlong uit de neêrdalende aorta, *gaf daar takken aan de rechter bronchiaalklieren.* Had nu de arteria bronchialis dextra over den bronchus heen eveneens aan die klieren takjes gegeven, dan zou men werkelijk de overeenkomst van het slagaderstelsel in een menschelijk lichaam, met de ringvormige aorta van een kikvorsch of een salamander hebben kunnen aantoonen.

Het is duidelijk dat mijn meening omtrent het bestaan van overblijfselen der rechter aorta, in vele gevallen, in het menschelijk lichaam, en het inzicht dat zij geven kan in sommige ontleedkundige bijzonderheden, hoofdzakelijk voor de morphologie der gewervelde dieren van belang is, en slechts een matige

belangstelling aan de geneeskundigen kan inboezemen. Toch is, geloof ik, mijn beschouwing niet van belang ontbloot voor het inzicht in het ontstaan van sommige ziekteprocessen. In den regel geven de sterke ontwikkeling van de arteria bronchialis dextra, of de beschreven anomaliën tot geen bijzondere verschijnselen gedurende het leven aanleiding. Zij worden toevallig, bij ontleding van het lijk, gevonden; of zijn, buitengewoon sterk ontwikkeld, en in samenhang met andere misvormingen ontstaan, van zoodanigen aard dat het zelfstandig leven van het organisme nauwelijks beginnen, of maar kort voortduren kan. Vandaar dat zij dikwijls bij pasgeboren, tot leven niet geschikte of slechts kort en gebrekkig geleefd hebbende kinderen zijn gevonden. In enkele gevallen komen er echter abnormale ontwikkelingsvormen van hart en groote slagaderen voor, welke eerst op lateren leeftijd hun nadeeligen invloed op de levensverrichtingen doen gevoelen, zoodat er werkelijke ziekten, meestal hypertrophiën van het hart, met slechte circulatie door de longen, waterzucht in de borstholte of elders, enz. tot stand komen. Gedurende het leven zal het wel zeer zelden gelukken den samenhang dier ziekten met abnormale ontwikkeling der vijfde rechter kieuwboogslagader te herkennen; maar zelfs bij onderzoek van het lijk zou men zonder nauwkeurige anatomische en embryogenetische kennis, het ontstaan van sommige der hier bedoelde „hartziekten" niet begrijpen. Een merkwaardig voorbeeld daarvan vindt men in eene mededeeling van Dr. O. FRAENTZEL te Berlijn, in het „Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für Klinische Medicin" van VIRCHOW, Deel XLIII, bladz. 420. Onder den titel: „Fall von abnormer Communication der Aorta mit der Arteria pulmonalis" worden de ziektegeschiedenis en het verslag der lijkopening medegedeeld van een vijf-en-twintigjarig dienstmeisje, dat reeds sedert hare kindsheid aan hartkloppingen geleden had. In de laatste jaren van haar leven had zich langsamerhand waterzucht der onderste ledematen ontwikkeld, en leed zij aan benauwde ademhaling, blauwe kleur van het gelaat en verzwakking. De verschijnselen van een organisch hartlijden en van belemmerde ademhaling namen, na hare opneming in het ziekenhuis, snel toe, en den 9^{den} October 1868 onderzocht Dr. COHNHEIM het lijk.

De grondoorzaak van het lijden in dit geval werd gevonden in een aangeboren abnormalen toestand van de groote bloedvaten, welke ik met mijne meening omtrent den oorsprong der arteria bronchialis dextra uit de vijfde rechter kieuwboogslagader in verband meen te kunnen brengen. Wat er verder in het lijk als gevolgen van de abnormiteit der groote bloedvaten gevonden werd, en hoe dat met het verloop en de verschijnselen der ziekte gedurende het leven in overeenstemming kon gebracht worden, laat ik hier onvermeld, om alleen de beschrijving van het hart en de groote bloedvaten mede te deelen. Het hartspiervleesch was vettig veranderd. Het tusschenschot en de klepvliezen van het hart waren normaal. De arteria aorta en pulmonalis beiden hadden dunne wanden en vele vettig veranderde plekken in de tunica intima. De beide vaten ontsprongen op de gewone wijze uit het hart, maar ongeveer $1\frac{1}{2}$ centimeter boven de randen der valvulae semilunares voerde een cirkelronde opening van 12 millimeters middellijn onmiddellijk uit de aorta adscendens in de arteria pulmonalis, zoodat beide bloedvaten een ruime gemeenschap met elkander hadden. Verder verliep de arteria pulmonalis naar links, werd wat nauwer en trad toen onverdeeld in den hilus pulmonis sinistri naar binnen, zonder eenigen tak aan de rechter long af te geven. De arteria aorta adscendens verliep voorbij de gemeenschapsopening met de pulmonalis op de normale wijze naar boven en rechts en gaf dicht vóór de bocht, welke zij op de normale wijze verder maakte, een tak af, zoo dik als een vinger, welke een weinig naar beneden en rechts liep en in den hilus pulmonis dextri binnendrong. Van den gesloten ductus Botalli werd een duidelijk strengvormig overblijfsel gevonden, dat met de aorta adscendens in verband stond, en even boven de gemeenschapsopening ook aan de arteria pulmonalis was aan te toonen.

Dat de ontwikkelingswijze dezer anomalie den schrijver duister is, moge blijken uit zijn eigen uitspraak: „Von einer anatomischen Erklärung des Zustandekommens dieser so eben beschriebenen abnormen Verhältnisse im Bereich der Aorta und der Pulmonalarterie müssen wir als unmöglich von vornherein Abstand nehmen, namentlich da ja neben der abnormen Commu-

nication zwischen der Aorta und der Pulmonalis zweifellose Residuen des Ductus Botalli nachweisbar waren und da der Sectionsbefund auch nicht den geringsten Anhaltspunkt für die Annahme gewährte, dass etwa während des fötalen Lebens eine Endocarditis bestanden und die Entwicklung der in Rede stekenden Abnormitäten begünstigt hätte."

Het komt mij voor dat eene anatomische (dat is eene embryogenetisch-morphologische) verklaring dezer anomalie wel te geven is, namelijk door een gebrekkige ontwikkeling van het tusschenschot der primitieve aorta; zonder dat het natuurlijk mogelijk is op te helderen waardoor de gebrekkige ontwikkeling van het tusschenschot der primitieve aorta van het embryon in dit geval ontstond. Trouwens het ontstaan eener foetale endocarditis, wanneer er reden was geweest die aan te nemen, zou evenzeer in het duister liggen als de oorzaak van bijna elke abnormale ontwikkeling, die tot misvormingen voert; en het is mij daarenboven onduidelijk hoe een foetale endocarditis in dit geval den schrijver der duitsche verhandeling tot eenige verklaring had kunnen voeren. Doch eenmaal een gebrekkige ontwikkeling van het septum der primitieve aorta als uitgangspunt nemende, begrijpen wij duidelijk de blijvende gemeenschap tusschen aorta en pulmonalis, en overige anomaliën, wanneer wij, zooals ik meen aangetoond te hebben, weten, *dat de vijfde rechter kieuwboogslagader ook bij het menschelijk embryon oorspronkelijk longtakken afgaf* (somtijds als arteria bronchialis dextra nog in volwassen toestand bestaande). De groote longtak uit de aorta adscendens, van het door COHNHEIM onderzochte lijk, was blijkbaar niets anders dan de abnormaal sterk ontwikkelde vijfde rechter kieuwboogslagader. In gevallen van normale ontwikkeling, waar arteria aorta en pulmonalis volkomen gescheiden worden, krijgt ook het takgebied der laatste (vijfde linker kieuwboogslagader) voor de beide longen de overhand, en de takken der vijfde rechter worden geheel verdrongen, of tot de arteria bronchialis dextra gereduceerd. Blijft er echter abnormale gemeenschap tusschen de arteria aorta en pulmonalis, dan ontstaan er andere voorwaarden voor ontwikkeling, en met name drijft nu de arteria pulmonalis haar bloed ook in de aorta, op de hoogte van den oorsprong der onderste rechter

kieuwboogslagader. Het rechter takgebied der longslagader, achter de aorta adscendens om, kan zich hierbij niet behoorlijk vormen, en daarentegen verkeert het onderste gedeelte der aorta, waarmede de onderste rechter kieuwboogslagader samenhangt, in abnormalen toestand. Zonder het mechanisme der abnormale ontwikkeling verder uit te werken, wat bij de gebrekkige kennis van de feitelijke bijzonderheden gewaagd zou zijn, is het, meen ik, wel duidelijk, dat bij een niet volledige scheiding van arteria aorta en pulmonalis de voorwaarden gunstig waren voor het openblijven der rechter onderste kieuwboogslagader, en voor een eenzijdige ontwikkeling der arteria pulmonalis in de linkerlong. Juist dat is de fundamenteele oorzaak van de ziekte der patiënte van DR. FRAENTZEL, waaruit de amphibiëntoestand van het bloed, *) en de overige ziekteverschijnselen, verder geleidelijk te verklaren zijn.

II.

SPLIJTING VAN HET ONDERSTE GEDEELTE VAN DEN MUSCULUS OMOHYOIDEUS.

Gelijk bekend is, komen afwijkingen van den musculus omohyoideus van de aangenomen norma zeer menigvuldig voor. Behalve de meer bekende, zooals het ontbreken van de middelste pees, waardoor de spiervezelen van het schouderblad naar het tongbeen doorloopen, of het ontbreken van den voorsten (bovensten) buik, waardoor de spier het tongbeen niet bereikt, maar op de plaats, waar de pees anders voorkomt, in de fascia colli uitstraalt, (musculus coracocervicalis van KRAUSE) zijn er door KELCH en door GRUBER meer zeldzame verdubbelingen der spier beschreven.

*) Wat de verhouding der groote bloedvaten, en de daarvan afhankelijke vermenging van slagaderlijk en aderlijk bloed aangaat, zou men den toestand nog eer kunnen vergelijken met de circulatie bij de reptielen (monopnoa) en in het bijzonder aan het foramen Panizzae der Krokodillen denken. De overeenkomst is echter, als men op de bijzonderheden let, slechts een oppervlakkige.

Tot de laatste behoort ook de door mij in het vorige jaar waargenomen bijzonderheid, aan de linkerzijde van den hals van een matig sterk gespierd individu van ongeveer dertig jaren. Aan de andere zijde was de spier normaal, met uitzondering van het ontbreken der middelste pees. De verdubbeling van het onderste gedeelte der spier, in mijn geval, schijnt mij een korte vermelding waardig, niet alleen omdat zij als een nog niet beschreven vorm, naast de anderen plaats neemt, maar ook omdat zij het eerst aantoont, dat de volledige verdubbeling, met ongewone oorsprongspunten, in andere gevallen waargenomen, werkelijk door splijting van den omohyoideus zelven tot stand komen kan, en niet schijnbaar is, zoodat er eigenlijk een nieuwe spier naast den omohyoideus ontstaan zou zijn.

In de door GRUBER beschreven gevallen, *) waar twee bovenste en twee onderste buiken bestonden, waren de twee bovenste op de gewone wijze met het tongbeen verbonden. Van de onderste buiken daarentegen ontsprong er een aan het sleutelbeen, terwijl de andere *met den musculus sternohyoideus samenvloeide.*

Ofschoon het nu om meer dan één reden zeer waarschijnlijk was, dat werkelijk de genoemde anomaliën als wijzigingen in de ontwikkeling van den musculus omohyoideus moeten opgevat worden, levert toch een overgangsvorm als de door mij hier beschrevene, daarvan eerst het directe bewijs. Indien er toch een musculus coraco-cervicalis van KRAUSE bestaat, naast een gewonen musculus omohyoideus, gelijk voorkomt, dan is het alleen de oorsprong van die nieuwe spier, aan het schouderblad, naast den omohyoideus, welke haar als een deel van den laatstgenoemden doet beschouwen, terwijl bij een overgang van een spier in den musculus sternohyoideus, naast den samenhang van een overeenkomstig loopende, maar van het sleutelbeen ontspringende, met den gewonen bovensten buik van den omohyoideus, zooals in het geval van GRUBER, evenmin de morphologische beteekenis der verschillende deelen nog volkomen duidelijk kan heeten.

---

*) Men vindt deze bijzonderheden vermeld in HENLE'S Muskellehre, S. 116.

Vindt men echter een normaal aan het ligamentum transversum scapulae en den bovenrand van het schouderblad ontspringende spier, welke eerst onverdeeld voortloopt, en daarna zich in tweeën splitst, zoodat het achterste gedeelte op de gewone wijze naar het tongbeen loopt, maar het voorste met den musculus sternohyoideus versmelt, dan kan men de andere gevallen van verdubbeling beter begrijpen. Gaat de splijting nog iets verder voort dan in mijn geval, dan is er een tweede musculus omohyoideus, welke echter het tongbeen niet bereikt, maar in den sternohyoideus uitstraalt. Heeft die volledige splijting plaats, maar volgt de verbinding met den musculus sternohyoideus niet, dan ontstaat, door het uitloopen van het zelfstandig geworden stuk van den musculus omohyoideus in de fascia colli, de musculus coraco-cervicalis van KRAUSE, welke dus op deze wijze naast den normalen musculus omohyoideus voorkomen kan. Ontwikkelt zich echter het bovenste gedeelte van de laatstgenoemde spier in het geheel niet, dan moet het onderste gedeelte in de fascia van den hals uitstralen, en de musculus coraco-cervicalis is het eenige wat van den omohyoideus overig blijft.

Is nu de beteekenis van den musculus coraco-cervicalis en van het zelfstandig ontspringende en in den musculus sternohyoideus overgaande deel der spier, door de bijzonderheid der splijting van den musculus omohyoideus in mijn geval, boven allen twijfel verheven, dan wordt het ook gemakkelijker zich den zelfstandigen oorsprong van een gedeelte van het sleutelbeen, dat doorloopt naar het tongbeen naast een ander dat uitstraalt in de fascia van den hals of in den musculus sternohyoideus voor te stellen. Was in mijn geval de splijting iets verder gegaan, en, in verband met de nu gewijzigde ontwikkeling het achterste gedeelte met het aangrenzende sleutelbeen verbonden geworden, dan zou iets overeenkomstig als in het geval van GRUBER ontstaan zijn *).

Mijne waarneming bevestigt eindelijk de embryogenetische

---

*) Vergel. de afbeelding in: „Vier Abhandlungen aus dem Gebiete der med. chir. Anatomie, Berlin 1847.” De afbeelding geeft een beter denkbeeld van de zaak, dan de niet zeer heldere beschrijving.

beteekenis der spieren tusschen tongbeen, schouderblad en borstbeen als musculi intercostales (bovenste buik van de omohyoideus, sternohyoideus en sterno-thyreoideus) en musculus serratus anticus major (onderste buik van den musculus omohyoideus). Beschouwt men het onderste gedeelte van de spier, in mijn geval, van boven af, en is het bewezen dat in het midden van de spier (in de pees) het analogon van een rib gevonden wordt, terwijl ook in het verloop van den musculus sternohyoideus, virtuëel ribben mogen aangenomen worden, dan herinnert zelfs het uitwendig voorkomen van dat gedeelte werkelijk aan den getanden oorsprong van den musculus serratus anticus major.

VERKLARING DER AFBEELDING.

1. Rechter sleutelbeen.
2. 〃 processus coracoideus.
3. Oorsprong van den musc. omohyoideus van het ligament. transversum en den bovenrand van het schouderblad.
4. Gedeelte dat in den musc. sternohyoideus overgaat.
5. Voortzetting der spier op de gewone wijze naar boven.

III.

ONGEWONE LOOP VAN DEN NERVUS PHRENICUS DER RECHTER ZIJDE.

Om hare zeldzaamheid, en om de mogelijkheid eener ongedwongen verklaring van haar ontstaan, mag de volgende anomalie in het verloop van den nervus phrenicus, naar 't mij voorkomt, aan de vergetelheid ontrukt worden.

Ruim een jaar geleden vond ik aan een praeparaat van de onderste zijdelingsche halsstreek der rechter zijde, terstond nadat de arteria subclavia en de plexus brachialis zichtbaar geworden waren, een vrij dikke zenuw loopen, welke van boven met de nervi supraclaviculares verliep, en daartoe scheen te behooren, doch meer naar beneden, boven het sleutelbeen, achter den musculus omohyoideus bleef, weder in de diepte ging en zich achter het sleutelbeen aan den blik onttrok.

Verder onderzoek leerde dat het de nervus phrenicus was, welke, met de overige zenuwen van den plexus cervicalis, en langs den plexus brachialis schuin naar buiten kwam loopen, in plaats van terstond, over de voorvlakte van den musculus scalenus anticus naar binnen te gaan, en dan verder, tusschen de arteria en vena subclavia door, naast de arteria mammaria interna zich in de borstholte te begeven. De zenuw kwam, in dit ongewone geval, naar de bovenste borstopening, door, na de reeds genoemde bocht naar buiten beschreven te hebben, achter de arteria transversa colli en transversa scapulae, en vervolgens *vóór de vena subclavia henen*, sterk gebogen naar binnen te gaan, achter de eerste rib, en vóór de arteria mammaria interna (dat is, tusschen deze slagader en den borstwand) heenloopende. Daarna was de zenuw van zelf weêr op haar gewone plaats, naast de vena cava superior, en ging verder tusschen pleura en pericardium, op de gewone wijze naar het middenrif naar beneden.

Aan de linkerzijde van hetzelfde lijk verliep de zenuw op de gewone wijze.

Zonder de uitgebreide onderzoekingen van LUSCHKA *) zou mij het ontstaan van dezen ongewonen loop der middenrifszenuw, waarschijnlijk lang een raadsel gebleven zijn, daar het, ook bij een opzettelijk onderzoek, wegens de schaarschte van voor de ontleedkunde beschikbare lijken, jaren zou geduurd hebben, eer de bijzonderheden gevonden waren, welke LUSCHKA in zijne monographie mededeelt.

Zoo als bekend is, ontspringt de nervus phrenicus gewoonlijk voor verreweg het grootste gedeelte uit de vierde halszenuw.

---

*) In zijne verhandeling: Der nervus phrenicus des Menschen. 1853. S. 14.

Bijna altijd bezit hij echter nog een tweeden kleinen worteldraad, welke eerst met de nervi supraclaviculares verbonden is, en daarna den nervus phrenicus helpt vormen. Zeer dikwijls komt er daarenboven nog een draad uit de derde en een uit de vijfde halszenuw, welke met den grooteren wortel van den nervus phrenicus samenvloeien. Van dien bovensten worteldraad nu vermeldt LUSCHKA reeds als „Rarität", dat hij „ganz isolirt vor dem eigentlichen Phrenicusstamm, und *über die Vena subclavia tretend*, herabsteigt und erst im Brustraume sich dem Stamme des Phrenicus beigesellt oder zum Zwerchfelle als ein nervus diaphragmaticus secundarius geht." *)

In deze feiten ligt blijkbaar de verklaring voor het ongewone verloop der gansche zenuw in mijn geval. Zij ontsprong, voor verreweg het grootste gedeelte, vereenigd met de nervi supraclaviculares, uit de vierde halszenuw, maar ontving ook hooger uit den plexus cervicalis een worteldraad. Van een wortel lager uit de vijfde halszenuw heb ik niets genoteerd. De zenuw ontsprong dus hoog, en de geheele massa van vezelbundels heeft zich eerst later dan gewoonlijk van de nervi supraclaviculares geïsoleerd, om daarna met den worteldraad zich te vereenigen, welke reeds, om het zoo uit te drukken, de neiging heeft naar buiten en meer naar de oppervlakte vóór *de vena subclavia*, soms zelfs als nervus phrenicus secundarius, te verloopen. In de gevallen van normaal verloop neemt als het ware, de vroeger zelfstandig geworden binnenste grootste afdeeling, den hooger ontsprongen worteldraad mede.

De overige bijzonderheden: dat de zenuw vóór de arteria mammaria heenging, verder van de vena anonyma dextraverwijderd was, en later dan gewoonlijk de vena cava superior bereikte, volgen uit het ongewone verloop van zelf.

Van den gewonen nervus phrenicus, vóór den musculus scalenus, is geen spoor gevonden.

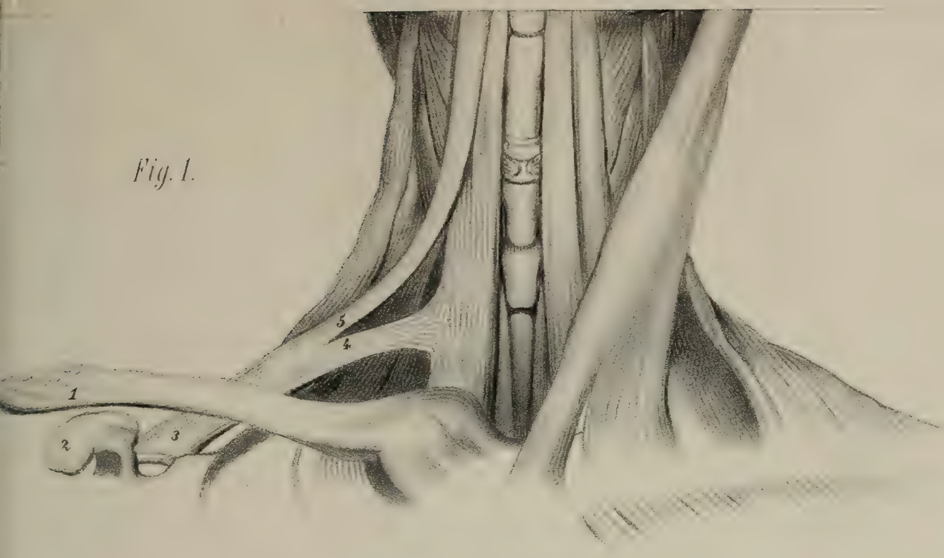
---

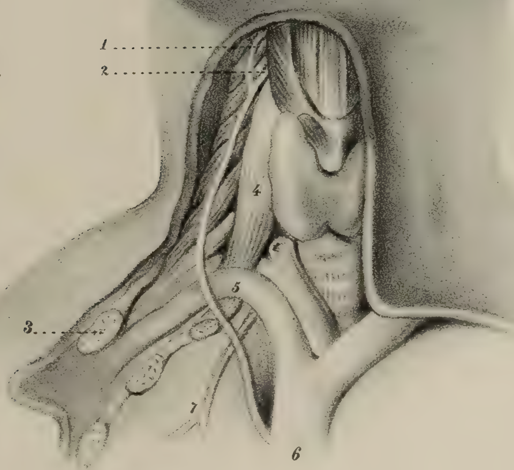
*) Zie ook LUSCHKA: Die Anatomie des menschlichen Halses, S. 410

VERKLARING DER AFBEELDING.

1. Wortel van den n. phrenicus uit de derde halszenuw.
2. 〃 〃 〃 〃 〃 uit de vierde 〃 tegelijk met de n.n supraclaviculares ontstaande.
3. Sleutelbeen.
4. Musc. scalenus anticus.
5. Vena subclavia.
6. 〃 cava superior.
7. Arteria mammaria interna.

Utrecht, 24 October 1869.


Fig. 1.
1
2
3
4
5


Fig. 2.
1
2
3
4
5
6
7

AANTEEKENING,

OVER EENE

BETREKKING TUSSCHEN DE WORTELS

EN DE

COËFFICIËNTEN DER ALGEMEENE TWEEDEMACHTS-VERGELIJKING.

DOOR

G. F. W. BAEHR.

(Medegedeeld in de Vergadering van 30 Oct. 1869).



Als V_n, V_{n-1} ... het verschil der n^e, $n-1^e$ ... machten van de wortels, a en b, der vergelijking

$$x^2 + p x + q = 0$$

voorstelt, dan is

$$(a^{n-1} - b^{n-1}) (a + b) = - p V_{n-1},$$

of

$$(a^n - b^n) + a b (a^{n-2} - b^{n-2}) = - p V_{n-1},$$

waardoor de terugloopende formule

$$V_n = - p V_{n-1} - q V_{n-2}$$

verkregen wordt.

Deze geeft achtervolgens

$$V_2 = - p V_1, \qquad V_6 = - (p^5 - 4 p^3 q + 3 p q^2) V_1,$$
$$V_3 = (p^2 - q) V_1, \qquad V_7 = (p^6 - 5 p^4 q + 6 p^2 q^2 - q^3) V_1,$$
$$V_4 = - (p^3 - 2 p q) V_1, \qquad V_8 = - (p^7 - 6 p^5 q + 10 p^3 q^2 - 4 p q^3 V_1,$$
$$V_5 = (p^4 - 3 p^2 q + q^2) V_1, \qquad V_9 = (p^8 - 7 p^6 q + 15 p^4 q^2 - 10 p^2 q^3 + q^4) V_1.$$

Het valt in het oog, dat bijv. de coëfficiënten, die in V_8 en V_9 voorkomen, in rangorde zijn: de 1e coëfficiënt van de 7e

en 8e — de 2e van de 6e en 7e — de 3e van de 5e en 6e macht van het binomium, enz. In de onderstelling, dat die wet voor V_{n-2} en V_{n-1} doorgaat, zou men dus hebben:

$$V_{n-2} = (-1)^{n-3} \left\{ p^{n-3} - \frac{n-4}{1} p^{n-5} q + \frac{(n-5)(n-6)}{1.\ 2} p^{n-7} q^2 - \frac{(n-6)(n-7)(n-8)}{1.\ 2.\ 3.} p^{n-9} q^3 + .. \right\} V_1,$$

$$V_{n-1} = (-1)^{n-2} \left\{ p^{n-2} - \frac{n-3}{1} p^{n-4} q + \frac{(n-4)(n-5)}{1.\ 2} p^{n-6} q^2 - \frac{(n-5)(n-6)(n-7)}{1.\ 2.\ 3.} p^{n-8} q^3 + .. \right\} V_1,$$

terwijl men dan, door deze waarden in de terugloopende formule over te brengen, na herleiding vindt:

$$V_n = (-1)^{n-1} \left\{ p^{n-1} - \frac{n-2}{1} p^{n-3} q + \frac{(n-3)(n-4)}{1.\ 2} p^{n-5} q^2 - \frac{(n-4)(n-5)(n-6)}{1.\ 2.\ 3.} p^{n-7} q^3 + .. \right\} V_1$$

waarin men wederom dezelfde wet opmerkt, zoodat nu de laatste formule in het algemeen voor alle geheele positieve waarden van n geldig is.

Voor eenige bijzondere waarde van n houdt de ontwikkeling op met den laatsten term, welke voor die waarde niet nul wordt.

Voor $a = b$, of als de vergelijking gelijke wortels heeft, is $p = -2a$, $q = a^2$, terwijl in dit geval

$$\frac{V_n}{V_1} = \frac{a^n - b^n}{a - b}$$

wordt:

$$\frac{V_n}{V_1} = n\, a^{n-1};$$

door deze bijzondere waarden in de gevondene formule te substitueeren, verkrijgt men na herleiding de formule:

$$n = 2^{n-1} - \frac{n-2}{1} 2^{n-3} + \frac{(n-3)(n-4)}{1.\ 2} 2^{n-5} - \frac{(n-4)(n-5)(n-6)}{1.\ 2.\ 3} 2^{n-7}$$
$$+ \frac{(n-5)(n-6)(n-7)(n-8)}{1.\ 2.\ 3.\ 4.} 2^{n-9} - \text{enz.},$$

welke voor alle geheele positieve waarden van n geldt, en eindigt met den laatsten term, welke voor eenige getallenwaarde van n niet nul wordt.

Delft, September 1869.

OVER DE BENAMING EN SORTEERING

DER

KRISTALLIJNE GESTEENTEN.

DOOR

H. VOGELSANG.

Aangeboden in de gewone Vergadering van 30 October 1869.

Wanneer te gelijker tijd, als bij de meeste onderdeelen van de zoogenaamde beschrijvende natuurwetenschappen zich sterke partijen vormen, die van geene klassificatie iets willen weten; die alle bestaande systemen systematisch aanvallen, en trachten te ondermijnen; wanneer te gelijker tijd bij eene andere wetenschap algemeen de wensch geuit wordt, dat toch eindelijk een systeem tot stand moge komen, dan zal men daaruit kunnen opmaken: of — dat deze laatste wetenschap ten opzigte van theoretische of philosophische beginselen bij hare zusters verre ten achteren staat, of ook — dat die agitatie tegen alle systematiek, voor zoo verre zij het goede der systemen niet te herkennen en te waardeeren weet, al licht te ver kan gaan, en niet op verstandige gronden berust. Ik aarzel niet, mij voor de laatste opvatting te verklaren, en ben overtuigd, dat ik daarbij ten minste alle diegenen tot bondgenooten heb, welke het onderzoek en de beschrijving der kristallijne gesteenten tot speciaal onderwerp hunner studiën gekozen hebben; maar ik twijfel ook niet, of ook van de beoefenaars van alle andere vakken zullen velen mij toestemmen, en met mij beweren, dat juist de oudere systematiek de vruchtbare bodem is, waaraan alle nieuwere theoretika te danken is, en dat het fraaije begrip der ontwikkelingswetten onafscheidelijk is van de naauwkeurige karakteristiek der indi-

viduen, welke wederom een wetenschappelijk *systeem* tot theoretischen, maar voornamelijk tot praktischen grondslag vordert.

Het is hier niet de plaats deze vraag in het algemeen te behandelen; om kort te zijn: in de petrografie doet zich het gemis van vaste beginselen voor benaming en sorteering ten sterkste gevoelen.

De verschillende schrijvers spreken als het ware ieder eene bijzondere taal; zij verstaan elkander niet, en deze verwarring geeft dan weder aanleiding tot willekeur en onverschilligheid, waarmede de ontwikkeling der jonge wetenschap zeer zeker niet gediend is; om niet eens te gewagen van de praktische moeijelijkheden bij het onderwijzen of leeren!

En toch mag deze ongelukkige toestand wel als eene natuurlijke phase en als een bewijs van ontwikkeling beschouwd worden, als een overgang uit de kindsheid tot de rijpere jaren, die elke andere wetenschap doorloopen heeft, en die bij deze slechts daarom zoo laat komt, omdat de geheele wetenschap van zoo jongen oorsprong is.

Het is inderdaad een opmerkenswaardig, en voor de oudere geologen niet juist vleijend feit, dat ten opzichte der meeste kristallijne gesteenten, theoretische discussiën over hunnen oorsprong en hunne verandering gevoerd zijn, lang voor dat deze gesteenten in hunne onderdeelen onderzocht waren; dat dikke boeken geschreven zijn over het Neptunisme of Vulkanisme van den Bazalt, lang voordat een der schrijvers een juist, concreet antwoord wist te geven op de vraag: Wat is dan eigenlijk Bazalt?

Ik weet niet, en geloof het althans niet, dat het ook tot den natuurlijken loop der wetenschap behoort, dat als het ware het kind ouder is dan de moeder — maar lichtelijk laat zich begrijpen, dat, toen men eindelijk er toe overging, niet alleen te discussiëeren, maar ook te zien, te beschrijven en te onderzoeken, dat men toen met den ballast van woorden en nevelachtige begrippen, dien men uit den goeden ouden tijd had overgenomen, geen raad wist. Ten einde de nieuwere door proefondervindelijke studiën verkregen resultaten met de oude onzekere benamingen niet te verwarren, werden nieuwe namen uitgevonden, maar tevens de oude niet afgeschaft, en daarmede

is men na verloop van 25 jaren, want ouder is de geheele petrografie nog niet, langzamerhand in dien toestand gekomen, die nu van alle kanten, en met regt, als onhoudbaar verklaard wordt.

Ik wil daarbij niet blijven stilstaan, dezen toestand in zijne bijzonderheden te schetsen, en zal alleen de gewigtigste methoden kort en kritisch behandelen, die men tot nu toe beproefd heeft om tot een concreten grondslag voor de systematiek in de petrografie te geraken.

De geologie heeft den gewigtigen vooruitgang, die in een naauwkeurig wetenschappelijk onderzoek der kristallijne gesteenten gelegen is, in één woord de geheele moderne petrografie, even als menige andere gewigtige hervorming, hoofdzakelijk aan de scheikunde te danken, en vooral moet hier de naam van GUSTAV BISCHOF genoemd worden, die niet alleen den eersten stoot gegeven heeft, om het oude wrakke gebouw omver te werpen, maar tevens veel en goed materiëel voor betere fundamenten geleverd heeft. Naast BISCHOF is het vooral R. BUNSEN, die ook op dit gebied zijn helderen blik getoond en zijn grooten naam heeft gehandhaafd.

Toen zulke mannen de interessante onderwerpen der geologie ter hand namen, konden zij zich natuurlijk met de oude onzekere omschrijving der gesteenten niet tevreden stellen, en zij gingen er toe over de gesteenten op hunne eigene manier te onderzoeken, dat wil zeggen ze scheikundig te analyzeren.

De scheikundige analyze der gesteenten had of heeft een tweeledig doel, ten eerste om een algemeen overzigt te verkrijgen over de elementaire zamenstelling, en ten tweede, om tot eene mineralogische interpretatie te geraken van die gemengde gesteenten, wier onderdeelen wij niet mechanisch van elkander scheiden en afzonderlijk onderzoeken kunnen, en die ons soms met het bloote oog beschouwd, als homogeen of bijna homogeen voorkomen.

Wanneer het om eene terminologie of klassifikatie der verschillende rotssoorten te doen ware, dan konde men dienovereenkomstig de karakteristiek der species bij de fijnkorrelige evenals bij de grofkorrelige gesteenten van de zamenstellende mineralen afhankelijk maken, die dan op de eene of andere

manier te zoeken waren — of men kon ook, de mineralogische interpretatie geheel ter zijde latende, direkt van de bauschanalyze (dat is de analyze van het gesteente in zijn geheel en niet die van de zamenstellende mineralen), uit de groepeering der elementaire bestanddeelen, eene klassifikatie afleiden.

De eerste weg is door BISCHOF, de tweede door BUNSEN en de meesten zijner leerlingen gevolgd.

Ik zal de methode of de sorteering van BUNSEN het eerst behandelen.

BUNSEN had in het jaar 1851 een groot getal van analyzen van verschillende gesteenten uitgevoerd, voornamelijk lava's van IJsland en van Sicilië, en bij het overzigt der resultaten en de vergelijking met de analyzen van andere gesteenten, werd hij door het feit getroffen, dat vooral tweeërlei verbindingen zich dikwijls herhaalden: de eene vrij zuur, zuurder dan de Orthoklaas, dus vrij kiezelzuur bevattende; de andere, zeer basisch, zoude ongeveer met een mengsel van Augiet en Anorthiet, den meest basischen veldspaat, overeenkomen.

Deze eindleden beschouwt BUNSEN als Normaalgesteenten, normaalzuur en normaalbasisch, of zooals hij zich uitdrukt, normaaltrachytisch en normaalpyroxenisch, en alle verbindingen, die tusschen deze normaalgesteenten inlagen, verklaarde hij voor mengsels van de eene soort met eene bepaalde hoeveelheid van de andere, zooals de analyze dit vorderde. Daarbij vormden dan weder mengsels van eene zekere verhouding de meest gewone tusschengesteenten.

Hoe meer analyzen uitgevoerd werden, des te meer werd langzamerhand de afstand tusschen de normaalgesteenten, met alle mogelijke tusschenliggende getallen aangevuld; wat in het schema niet paste, werd dan op sekundaire verandering, op ontleding enz. geschoven, maar ook de meest versche en jongste lava's, zooals die uit den Vesuvius van 1845, 1855 en 1858, kan men niet met de formules in overeenstemming brengen. Hoewel men van zuiver scheikundige zijde tegen eene zoodanige systematiek, die een gemakkelijk overzigt der analyzen veroorlooft, weinig in te brengen had, kantte men zich van geologische zijde zeer sterk daartegen aan. Deze mengsels van $xt + yp$ konden alleen op geologische waarde aanspraak ma-

ken, wanneer het werkelijk mengsels waren, dat wil zeggen, wanneer zij door menging in dien toestand waren gekomen.

Voor het bestaan van twee onderaardsche reservoirs, het eene met Trachyt, het andere met Pyroxeenmassa gevuld, die bij eene eruptie in zekere mate in verband traden, zooals BUNSEN werkelijk zijne theorie formuleerde, vordert men, en met regt, andere bewijzen, dan in de theorie zelve gelegen waren. Even goed als de normaalgesteenten, konde men ook alle tusschengesteenten als oorspronkelijk beschouwen; even goed als twee, kan men een vijftigtal onderaardsche reservoirs aannemen; het metamorphisme, de langzame verandering der gesteenten door atmospherische en onderaardsche wateren, vond daarenboven in de theorie geen plaats.

Tot eene benaming of klassifikatie der gesteenten volgens het BUNSEN'sche schema, is het dan ook eigenlijk niet gekomen. Het beginsel, dat de zamenstellende mineralen hierbij het eerst in aanmerking moesten komen, was te algemeen aangenomen, en volgens BUNSEN's schema had men gesteenten van geheel verschillende mineralogische zamenstelling, omdat de elementaire stoffen overeenkwamen, tot dezelfde groep moeten vereenigen. Het beginsel was ook veel te theoretisch, het bevatte zelfs bepaalde genetische hypothesen, en van soortgelijke systemen had men uit vroegere tijden maar al te ongelukkige ondervindingen opgedaan. De Petrografie moet het eerst eenvoudig beschrijvend te werk gaan, zij moet teruggeven hetgeen men alle dagen onderzoeken en proefondervindelijk bewijzen kan, voor genetische theorieën blijft altijd nog ruimte genoeg.

Dit beginsel werd dan ook door GUSTAV BISCHOF, bij het gebruik hetgeen hij van de bauschanalyze maakte, op den voorgrond gesteld.

BISCHOF wilde door middel van de analyze vooral tot eene mineralogische interpretatie van de gesteenten geraken, om zoodoende de mineralische zamenstelling tot eenen algemeenen grondslag voor de benoeming of klassifikatie te kunnen gebruiken. Dit laatste doel was zeker onberispelijk; laat ons kort nagaan of de methode, welke hij toepaste om dit doel te bereiken, ook voldoende kan geacht worden.

Men noemt de methode van BISCHOF in den regel de methode van of volgens het zuurstofquotiënt.

Het zuurstofquotiënt van een silikaat, zooals de meeste gesteentevormende mineralen zamengesteld zijn, vindt men door de zuurstofatomen der monoxyden plus de zuurstofatomen der sesquioxyden, te deelen door het aantal zuurstofatomen van het kiezelzuur. Wanneer men aanneemt, dat de kryptomere gesteenten niet uit geheel vreemdsoortige verbindingen bestaan, maar in 't algemeen uit dezelfde mineralen zamengesteld zijn, die wij in de grofkorrelige gesteenten ontmoeten, dan zal men door vergelijking van het zuurstofquotiënt en het kiezelzuurgehalte van het magma met dat van deze mineralen, met eenige zekerheid kunnen opmaken, welke mineralen en hoe veel van elke soort in het gesteente aanwezig zijn. Tot schaal voor de vergelijking der verschillende zuurstofquotiënten diende de veldspaatreeks, waarin het zuurste lid, de Orthoklaas, het zuurstofquotiënt 0,338, het meest basische eindlid, de Anorthiet, het quotiënt 1,0 opleverde.

Tusschen deze cijfers bewegen zich dus de zuurstofquotiënten der meeste gesteenten, en staan altijd in omgekeerde reden tot het procentgehalte aan kiezelzuur. Aan deze methode om tot eene bepaling der mineraalbestanddeelen van de kryptomere gesteenten te geraken, is, eigenlijk gezegd, niets goed, behalve de analyze — voor zoover deze namelijk goed uitgevoerd is. Ik voeg hier dadelijk bij, dat ik met deze korte afdoende kritiek, niet de minste blaam op den uitvinder der methode wensch te werpen. Voor twintig jaren, toen BISCHOF daarmede voor den dag kwam, geloofde men dat aan alle voorwaarden, die zijne methode vereischte, voldaan werd, en in elk geval, wat daarvan aprioristische opvatting was, heeft hij van de mineralogen en geologen overgenomen.

Alle gewigtige momenten daarmede in tegenspraak zijn het resultaat van nieuwere onderzoekingen, en zijn met eene menigte andere wetenschappelijke feiten grootendeels aan de methode zelve te danken, die dan nu, na veel goeds voortgebragt te hebben, door hare eigene kinderen zoo ondankbaar behandeld wordt.

Evenwel moet de methode der zuurstofquotiënten verlaten worden, want — zij is niet goed.

Ik zal niet lang blijven stilstaan bij die bronnen van fouten, die in de uitvoering der methode gelegen zijn, hoewel zij ook dikwijls meer tot onzekerheid dan tot zekerheid leidt. Zoo is bijv. de al of niet aanwezigheid van vrij kiezelzuur in den vorm van kwarts, wanneer zij niet op eenige andere manier te bewijzen is, door die methode moeijelijk aan te toonen. Kwarts met basische silikaten, moet noodzakelijk hetzelfde zuurstofquotiënt opleveren als zure silikaten met elkander. Verder zou men om tot eene juiste vergelijking te komen, voor de eerste leden der vergelijking altijd de verhouding $RO : R_2O_3$, dus de zuurstof-verhouding 1 : 3, moeten verlangen, zooals die in de veldspaatreeks konstant is, of ten minste aangenomen werd. Voor andere mineralen, en voor de empirische formule der meeste bauschanalyzen, geldt deze verhouding evenwel niet; men kan bij het zuurstofquotiënt zeer verschillende hoeveelheden van monoxyden en sesquioxyden hebben, en verkrijgt dus door dit cijfer niet eens een juist beeld van de basiciteit van het magma.

Maar deze onzekerheden of onjuistheden daargelaten, dunkt het mij van veel meer belang, dat de methode geheel en al op aprioristische beginselen gebouwd is, beginselen, die wel nergens concreet geformuleerd, en nog veel minder bewezen zijn, maar die toch altijd stilzwijgend als teregt bestaande zijn aangenomen.

De methode veronderstelt namelijk, en na het gezegde zal het niet noodig zijn zulks nader aan te toonen: —

1. Dat de in de gesteenten voorkomende mineralen aldaar aanwezig zijn als bepaalde, konstante stoechiometrische verbindingen, analoog de meeste hoog ontwikkelde, gekristalliseerde mineralen, die ons, bij analyze, eene konstante verbinding opleveren.

2. Dat het geheele gesteente, in al zijne onderdeelen, uit zulke hoog ontwikkelde, geindividualizeerde verbindingen bestaat.

Voor twintig jaren zoude inderdaad een mineraloog of geoloog verwonderd hebben opgezien, indien iemand zich veroorloofd hadde aan deze eenvoudige waarheden te twijfelen, tegenwoordig zijn wij met ontwikkelings- of veranderingstheorieën ten minste al zoo vertrouwd, dat men, zonder vrees van uitgelachen te worden, beweren mag, dat de genoemde veronderstellingen onjuist zijn. Gelukkig wordt, om dit aan te toonen, minder van

theorieën, dan wel van feitelijk onderzoek gebruik gemaakt.

De meest belangrijke mineralen voor de karakteristiek der kristallijne gesteenten zijn, behalve kwarts, de verschillende veldspaatachtige mineralen en de tot den Augiet en de Hoornblende behoorende verbindingen. Deze laatste groep had reeds sinds lang ten opzigte harer scheikundige formule aan de mineralogen moeijelijkheden berokkend. Op sommige variëteiten kan men de eenvoudige formule $RO\ SiO_2$ toepassen, de meeste analyzen toonen evenwel verschillende hoeveelheden van $Al\ O_3$ aan, die met genoemde formule niet, of althans slechts zeer gedwongen, te vereenigen waren. In de Augieten vindt men tot 8 pCt., in de Hoornblenden zelfs tot 14 pCt. $Al\ O_3$. Men weet dus bij de interpretatie van de bauschanalyze niet, hoeveel van de Aluinaarde men als behoorende tot eene veldspaatachtige verbinding, hoeveel men tot Augiet of Hoornblende rekenen zal, en daardoor reeds zoude het onmogelijk zijn uit het zuurstofquotiënt juiste gevolgtrekkingen af te leiden, al waren de veldspaten op zich zelve konstante verbindingen Dit is echter verre van waar.

Men onderscheidt gewoonlijk als verschillende veldspaatsoorten: Orthoklaas en Albiet, met eene scheikundige zamenstelling, waaruit de zuurstofverhouding 1: 3: 12 is af te leiden, Oligoklaas met de zuurstofverhouding 1: 3: 9, Labrador met 1: 3: 6 en Anorthiet met 1: 3: 4 als zuurstofverhouding. Wat bij een veldspaatanalyze in dit schema geen plaats vond, werd weder als vreemdsoortig bijmengsel beschouwd, en meestal met den weinig wetenschappelijken naam „verontreiniging" betiteld.

Ook hier echter kwam men bij een grooter getal van analyzen tot de overtuiging, dat de uitzondering regel, en de regel uitzondering was. Tusschen de eindleden 1: 3: 12 en 1: 3: 4 vindt men alle mogelijke verhoudingen, en al wil men deze onregelmatige zamenstellingen gedeeltelijk op vreemdsoortige bijmengselen en op sekundaire ontleding terugbrengen, zoo kan men toch uit de analyzen reeds met zekerheid aantoonen, dat de veldspaten met de verhoudingen 1: 3: 9 en 1: 3: 6 alleen als ideale, theoretisch geconstrueerde tusschenleden te beschouwen zijn; dat echter, wanneer de analyze deze cijfers oplevert, daarmede volstrekt niet de zuiverheid of oorspronkelijk-

heid van het mineraal kan geacht worden bewezen te zijn.

Een naauwkeurig onderzoek heeft ons nog beter de verklaring van genoemde onregelmatigheden leeren kennen.

Zooals bekend is, vinden wij bij alle triklinoëdrische veldspaten eene zeer sterke neiging tot lamellaire tweelingvorming. In enkele gevallen heeft men echter ook eene lamellaire vergroeijing van ongelijk zamengestelde en ook ongelijk gekristallizeerde veldspaten waargenomen, waarbij de enkele lamellen zoo groot waren, dat men ze mechanisch van elkander scheiden en afzonderlijk onderzoeken konde.

Zoo heeft men bijv. in den zoogenoemden Perthiet eene lamellaire vergroeijing van kali- en natronveldspaat, van den monoklinoëdrischen Orthoklaas met den triklinoëdrischen Albiet. Het mikroskopisch onderzoek der gesteenten heeft ons geleerd, dat in de meeste gevallen de porfierachtig inliggende veldspaten door eene regelmatige vergroeijing van kleinste kristallen gevormd zijn, waarvan wij een verschil in zamenstelling wel niet direkt kunnen aantoonen, maar toch, in verband met de straks genoemde feiten, als zeer waarschijnlijk kunnen achten. Deze mikrolithische vergroeijing van verschillende soorten verklaart ons in elk geval het eenvoudigst, de bovengenoemde onregelmatigheden.

Of wij daarbij alleen de eindleden der reeks, met de zuurstofverhoudingen 1 : 3 : 12 en 1 : 3 : 4 als standvastige verbindingen beschouwen mogen, of wel dat er nog het een of ander tusschenlid werkelijk voorhanden is, en wélke verhouding daaraan toekomt, moet voorloopig onbeslist blijven. De Labrador, met eene verhouding van 1 : 3 : 6 heeft in elk geval meer regt van bestaan als afzonderlijke species, dan de Oligoklaas.

Niet alleen bij de veldspaten, ook bij Augiet en Hoornblende laat zich zeer dikwijls eene mikrolithische vergroeijing van ongelijksoortige bestanddeelen aantoonen.

Over het algemeen echter spelen mikroskopische kristallen, mikrolithen, die hoogst onvolkomen begrensde vormen vertoonen, en een afzonderlijk scheikundig onderzoek wegens hunne kleinheid niet toelaten, in de kristallijne gesteenten eene zeer belangrijke rol. Deze kleinste naaldjes mogen wij niet direkt met hoogontwikkelde in spleten en holten onder de gunstigste

omstandigheden gevormde kristallen, op eene lijn stellen, wij mogen hun zeer zeker niet eene formule toekennen, die wij ook bij grootere kristallen niet als konstant aanwijzen kunnen.

De mikrolithen vormen echter nog niet den laagsten trap van ontwikkeling, dien wij bij de bestanddeelen van de kristallijne gesteenten ontmoeten.

Het mikroskopisch onderzoek heeft ons geleerd, dat eene niet geïndividualizeerde, felsietische of glasachtige grondmassa in de kryptomere gesteenten veel meer verspreid is, dan men vroeger dacht. Wij hebben geen regt te veronderstellen, en het is zelfs niet waarschijnlijk, dat deze grondmassa met een der overige in het gesteente aanwezige mineralen in scheikundige zamenstelling overeenkomt; dat zij over het algemeen eene stoechiometrische verhouding der bestanddeelen oplevert. Daargelaten de moeijelijkheid, om de hoeveelheid en de scheikundige zamenstelling dezer grondmassa, tegenover de kristallijne bestanddeelen, eenigszins naauwkeurig te kunnen bepalen, strijdt het dus geheel en al met de feitelijke waarheid, om de bauschanalyze alleen op stoechiometrische, gekristallizeerde verbindingen te interpreteeren, en toch wordt zulk eene theoretische interpretatie, zooals wij gezien hebben, alleen daardoor mogelijk, dat men de afwezigheid eener niet geïndividualizeerde grondmassa veronderstelt.

Men moet het dus opgeven, de mineraalbestanddeelen der gesteenten uit de bauschanalyze te willen berekenen, want deze bestanddeelen zijn ten minste gedeeltelijk geene standvastige, stoechiometrische verbindingen. Wélke methode van bestemming, wélke benaming of systematiek der gesteenten men uitvinden of gebruiken moge, zoo zal een contract met deze feitelijke waarheid daarvoor het uitgangspunt moeten zijn. Ook in de gesteenten vinden wij de natuur niet afgewerkt of onwerkzaam, maar voortbrengend en veranderend, ook op dit gebied wordt zij beheerscht niet door eene kunstmatige schematiek, maar door ontwikkelingswetten. Het spreekt van zelf dat met al het gezegde de groote waarde der scheikundige analyzen voor eene naauwkeurige karakteristiek der rotssoorten niet betwist zal worden. De bauschanalyze zal altijd de zekerste basis voor alle verdere redeneringen blijven, maar wij mogen daarbij niet

stilstaan; wij moeten door mikroskopisch onderzoek, gepaard zooveel mogelijk met mikrochemische reactiën tot eene naauwkeurige karakteristiek der mineraalbestanddeelen trachten te komen. Wat daarbij twijfelachtig blijft, of uit den aard der zaak twijfelachtig, wisselvallig is, moeten wij als zoodanig in onze systematiek opnemen, wij moeten de mikrolithische ontwikkeling der kristallen en het bestaan eener niet geïndividualizeerde grondmassa konstateeren, en de aanwezigheid of het ontbreken eener grondmassa, en de bijzondere eigenschappen daarvan, geven ons voor de verdere sorteering der gesteenten een zeer bruikbaar moment aan de hand.

De scheikundige zamenstelling en de ontwikkelingstoestanden der bestanddeelen vormen den natuurlijken grondslag voor de benaming en sorteering der kristallijne gesteenten. Wanneer men dit beginsel eenmaal aanneemt, moet men ook daaraan vasthouden, en niet door andere, theoretische of genetische beschouwingen, het systeem in verwarring brengen.

Voornamelijk is de ouderdom der kristallijne gesteenten, hoe belangrijk ook voor de geologische karakteristiek eener gesteentemassa, als min of meer zelfstandig onderdeel van de aardkorst, voor de eigenlijk petrografische karakteristiek zeker van ondergeschikt belang. De petrografische eigenaardigheden van een gesteente moet men aan elk stuk kunnen demonstreeren, even goed aan rolsteenen of aan kabinetstukken, die verre van de oorspronkelijke vindplaats zijn verwijderd, als aan deze vindplaats zelve. De ouderdom der kristallijne gesteenten is daarenboven veel te moeijelijk met zekerheid aan te geven, hij is ten opzigte der zamenstellende mineralen veel te wisselvallig, om hem voor de benaming en sorteering te kunnen gebruiken. Het gemis der petrefakten, die ons bij de sedimentaire gesteenten in staat stellen, met zekerheid chronologische bepalingen te doen, moet wederom erkend en niet verloochend worden. Men zal echter zeer dikwijls bij een naauwkeurig onderzoek der kristallijne gesteenten ondergeschikte petrografische bijzonderheden vinden, die met een algemeen verschil in ouderdom gepaard gaan. Ook kan men, waar men den ouderdom der gesteentenmassa werkelijk eenigszins beoordeelen kan, hiervan bij de benaming partij trekken. Voor beide gevallen is het echter vol-

komen voldoende, en leidt tot veel juistere gevolgtrekkingen, wanneer men het woord „ouder" of „jonger" aan de algemeene benaming toevoegt. Een kwartshoudende trachiet uit Hongarije, met eene felsietische grondmassa kan men een jongere kwartsporfier of felsietporfier noemen; de donkere mikrolithische gesteenten uit de permische periode, die met vele onzer tertiaire bazalten in zamenstelling volkomen overeenkomen, kan men des noods oudere bazalten noemen, zoo verre men het daarover eens is, welk mineraalaggregaat men met den naam bazalt bedoelt. Zeker is het van veel meer belang, de betrekkelijk konstante, gelijksoortige zamenstelling der eruptieve gesteenten uit de verschillende geologische tijdperken bloot te leggen, dan wel door nieuwe woorden, zooals Rhyolith en Melaphyr, hoofdzakelijk materiaal voor onvruchtbare diskussiën op te hoopen.

Overigens heb ik natuurlijk tegen de genoemde woorden op zich zelve weinig in te brengen. Wil men een jongeren Felsietporfier „Rhyolith" of een ouderen bazalt „Melafier" noemen, dan is dat zelfs een weinig korter dan het andere; maar men moet weten, hoe veel, of beter hoe weinig daarmede gezegd wordt; men moet de namen als tamelijk gelijkbeduidend erkennen, en de variëteiten onder een en dezelfde petrografische species zamenvatten, niet als bijzondere genera ver uit elkander plaatsen.

Wanneer ik ten slotte nog kort resumeer, wát als positieve beginselen aan de voorafgaande beschouwingen ten grondslag ligt, dan kom ik tot het volgende resultaat.

Men kan de gemengd kristallijne gesteenten in het algemeen in faneromere en kryptomere gesteenten verdeelen. De scheikundige zamenstelling en de ontwikkelingstoestanden der bestanddeelen vormen den natuurlijken grondslag voor alle verdere benaming en sorteering.

In de faneromere, en vooral in de makromere gesteenten, die men als bijzondere afdeeling tegenover de mikromere stellen mag, kan men de mineraalbestanddeelen door afzonderlijk onderzoek naauwkeurig bepalen. Deze afdeeling zal men volgens de soort en de groepeering der constituerende mineralen in weinige, misschien vier of zes hoofdgroepen of typen verdeelen, en daaraan een korten, eenvoudigen naam geven. Elke groep

zal men dan in hare verschillende mikrolithische en porfierachtige ontwikkeling, bij de kryptomere en porfierachtige gesteenten terugvinden, en deze modifikatiën van struktuur of ontwikkelingstoestand der bestanddeelen, zullen door eenvoudige buiging van het woord uitgedrukt worden, hetgeen voor de respectieve groep in de eerste afdeeling gekozen is. Voor de karakteristiek der bestanddeelen in de kryptomere gesteenten, moet men niet eenzijdig van de bauschanalyze, maar hoofdzakelijk van mikroskopisch onderzoek, gepaard met natuurkundige en scheikundige reactiën, partij trekken. De geologische ouderdom moet bij de benaming en sorteering der kristallijne gesteenten een ondergeschikten rang bekleeden, en men kan voornamelijk daarvan gebruik maken, voor zoo verre ondergeschikte petrografische bijzonderheden met een algemeen verschil van ouderdom gepaard gaan.

Het voornaamste doel der voorafgaande mededeeling was eene kritische beschouwing van het bestaande. Ik hoop bij eene volgende gelegenheid eene uitvoerige systematiek der kristallijne gesteenten, op grond van gemelde beginselen, aan de Kon. Akademie over te leggen.

RAPPORT

OVER

EENEN SCHEDEL EN BEENDEREN,

TE STOLWIJK OPGEDOLVEN.

Ingediend in de gewone Vergad. van 30 October 1869.

In de Vergadering van de Natuurkundige Afdeeling der Koninklijke Akademie van Wetenschappen, van 25 September 1869, werden de ondergeteekenden aangewezen om een onderzoek in te stellen, omtrent een schedel en eenige daarbij behoorende beenderen, gevonden in een, waarschijnlijk zeer oude begraafplaats te Stolwijk, welke beenderen door den Heer Dr. C. LEEMANS, voorzitter der commissie voor de overblijfsels der vaderlandsche kunst, aan de afdeeling waren gezonden.

De ondergeteekenden hebben hierbij de eer, van hun onderzoek het volgende rapport uit te brengen.

De verzameling van beenderen, in hunne handen gesteld, bestaat uit:

1°. Een schedel, waaraan de aangezichtsbeenderen ontbreken, maar welke overigens, met uitzondering van een nader te vermelden defect aan de basis, in ongeschonden toestand verkeert,

2°. Een rechter en een linker opperarmbeen,

3°. Een rechter en een linker ellepijp en spaakbeen,

4°. Twee dijbeenderen, één van de rechter en één van de linkerzijde,

5°. Twee scheen- en twee kuitbeenderen, waarvan eveneens één van elke lichaamszijde.

Verder bevonden zich daarbij nog eenige meer of minder beschadigde wervels, voetwortelbeenderen, en eenige fragmenten

van allerlei grootte en vorm van bekkenbeenderen, ribben, schouderblad, enz., welke voor het onderzoek van geen beteekenis waren. Evenmin meenen de ondergeteekenden zich met eene uitvoerige beschrijving van de beenderen der ledematen te moeten bezighouden. Zij merken alleen op, dat die beenderen in vrij ongeschonden toestand verkeeren, van normalen vorm en krachtig ontwikkeld zijn. Slechts enkele uitstekende punten, zooals de knokkels van het dijbeen en het opperarmbeen, het hoofd van het kuitbeen enz., zijn hier en daar afgebroken en afgebrokkeld, terwijl de beenstof op die plaatsen zeer poreus en broos is. Verder is het, wegens de overeenkomst in grootte en vorm van de beenderen der rechter- en linkerzijde duidelijk, dat zij tot hetzelfde skelet behoord hebben, terwijl eveneens de verschillende beenderen van dezelfde zijde, door hun uitwendig voorkomen en betrekkelijke grootte, zeer wel als afkomstig van hetzelfde skelet kunnen beschouwd worden.

Het dijbeen	heeft	een	lengte	van	460	millimeters,
〃 scheenbeen	〃	〃	〃	〃	370	〃 ,
〃 opperarmbeen	〃	〃	〃	〃	325	〃 .

Neemt men hierbij in aanmerking dat de lengte van het dijbeen, bij een volwassen mensch van gemiddelde lengte, ongeveer 450, die van het opperarmbeen 320 millimeters bedraagt, en dat de overige beenderen hiermeê in de gewone verhouding schijnen te staan, dan mag de persoon, van wien deze overblijfsels afkomstig zijn, tot de nog al lange menschen behoord hebben.

Omtrent het uitwendig voorkomen dezer beenderen, zoowel als van die des schedels, is in het algemeen op te merken dat zij een vuil bruinachtige kleur hebben, hier wat donkerder, daar wat lichter. De platte schedelbeenderen en de middelste gedeelten der lange pijpbeenderen zijn, in overeenstemming met hun bouw, nog zeer vast en glad van oppervlakte, terwijl de uiteinden der pijpbeenderen en de fragmenten der korte beenderen ruw, brokkelig zich voordoen, en veel meer zijn beschadigd.

De schedel heeft, op het uitwendig voorkomen, den vorm en de grootte van een volwassen menschenschedel. De belangrijkste kenmerken tot het benaderend bepalen van den ouder-

dom, de kaken en tandkasranden, ontbreken. Uit de volledige beenige verbinding van het grondstuk van het achterhoofdsbeen met het lichaam van het wiggebeen, en uit het begonnen vergroeien der randen, het zoogenaamde verstrijken van den naad, tusschen het achterste gedeelte der wandbeenderen, mag echter met zekerheid worden opgemaakt, dat de persoon, tot wiens lichaam die schedel behoord heeft, toen hij stierf, reeds van eenigszins gevorderden leeftijd was.

Voor de bepaling der kunne, waartoe hij zou behoord hebben, zijn noch in den schedel, noch in de overige beenderen, voldoende aanwijzingen te vinden. Grootte en zwaarte maken het echter waarschijnlijk dat zij aan een man behoord hebben.

De beenderen van den schedel hebben eene gewone dikte, en vertoonen geene sporen van ziekte of misvorming. De punt der schelp van het achterhoofdsbeen wordt door twee zelfstandige beenstukken — naad- of Wormsche beenderen — gevormd. Overigens is het achterhoofdsbeen compleet, en normaal met de overige beenderen verbonden. Ook de beide wandbeenderen en het voorhoofdsbeen zijn volledig aanwezig, evenals het slaapbeen der linkerzijde. Het rechter slaapbeen daarentegen mist een klein gedeelte van het voor-binnenste stuk van het rotsbeen. Het lichaam van het wiggebeen, de processus pterygoidei en het begin der groote vleugels ontbreken voor het grootste gedeelte; het zeefbeen geheel. Het achterste gedeelte van het wiggebeenslichaam is, van het overige been afgebroken, met het achterhoofdsbeen verbonden gebleven, zooals uit de overblijfselen der sinus sphenoidales blijkt.

De schedel weegt 655 grammen, terwijl dezelfde beenderen van een gewonen schedel der tegenwoordige bewoners van ons vaderland 600 à 650 grammen wegen. Dit gewicht is verkregen door eenige gewone schedels, met de aangezichtsbeenderen er aan, te wegen. Hierbij verkrijgt men zeer uiteenloopende resultaten, zoodat er schedels van schijnbaar dezelfde grootte en vorm van 605 en 735 grammen voorkomen. Van een gemiddelde uit twaalf schedels is het gemiddelde gewicht van losse bovenkaak- en jukbeenderen, en nog eenige grammen voor het defect aan wiggebeen en zeefbeen afgetrokken. Hoe onvoldoende zulk een bepaling en vergelijking zijn mogen, blijkt er toch

wel uit, dat de door ons onderzochte schedel een vrij zware is.

Het is reeds bij den eersten oogopslag duidelijk, dat de schedel behoort tot de zoogenaamde dolichocephalen. De lengte bedraagt, van den neuswortel tot het meest uitpuilende punt van het achterhoofdsbeen 197 millimeters, de grootste breedte tusschen de wandbeenderen 148 millimeters. De hoogte, bepaald door den schedel met parallel aan een horizontaal vlak gerichte arcus zygomatici, en daarna op den schedel eveneens parallel aan het horizontale vlak een lineaal te leggen, bedraagt 142 millimeters. De grootste horizontale omtrek is 552, de welvingslijn (kromme lijn van den neuswortel tot aan het meest naar achteren puilende gedeelte van het achterhoofdsbeen) 325 millimeters. De smalste voorhoofdsbreedte bedraagt ongeveer 105 millimeters.

Uit deze afmetingen volgt alleen, dat wij met een goed ontwikkelden schedel te doen hebben, zonder dat zij iets bijzonders doen in het oog vallen of veel aanwijzing geven, tot wélken volksstam wij den vroegeren drager van dien schedel hebben te brengen. De gemiddelde afmetingen van de schedels der tegenwoordige bewoners van Nederland (zie HARTING, het eiland Urk, enz) vergeleken met de genoemde van den door ons onderzochten schedel, zijn:

	Lengte.	Breedte.	Hoogte.	Omtrek.	Welvingsl.	Voorhoofds-breedte.	
Tegenwoordige:	178	148	142	518	318	100	Millimet.
Oude schedel:	197	148	142	552	325	105	

Doch onder de bijzondere getallen, waaruit die gemiddelden zijn afgeleid, komen er voor, die geheel met de afwijkingen van de gemiddelden bij den door ons onderzochten schedel overeenkomen, of die ver overtreffen. Het eenige wat opmerking verdient, is de groote lengte en omvang van onzen schedel. Bij tien Nederlandsche schedels van den tegenwoordigen tijd vinden wij de lengten: 184, 174, 172, 184, 164, 181, 191, 187, 174, 180 millimeters, den omvang: 519, 501, 513, 536, 504, 521, 522, 539, 515, 522 millimeters. Daarentegen overtrof, bij de door ons onderzochte Nederlandsche

schedels, de hoogte die van den ouden schedel bijna standvastig. Bij den laatsten 142, is zij bij de eersten 150, 142, 146, enz. maar ook éėns slechts 135 milimeters. Op de capaciteit der schedels behoeven deze uiteenloopende maten weinig invloed te hebben, om licht te begrijpen redenen. Wij hebben niet getracht, deze capaciteit te bepalen, wegens de afwezigheid van de vroeger genoemde beenstukken aan de basis, die door geen papierstrooken of andere hulpmiddelen zoo te vervangen zijn, dat men aan het resultaat iets zou kunnen hechten. Evenmin willen wij door het meêdeelen van verdere metingen, door het opsporen van betrekkingen tusschen die maten, en vergelijking met hetgene omtrent de schedels der oudste en der latere bewoners van ons vaderland bekend is, een schijn van grondigheid en volledigheid aan ons rapport geven, die toch tot niets wezenlijks kan leiden. Slechts de vergelijking van gemiddelden, door nauwkeurige metingen van een groot aantal schedels, van een zelfde afkomst of vindplaats, met nauwkeurig bepaalde gemiddelden van schedels van bekende volksstammen kan in de Ethnologie, zoover zij bij de Craniometrie hulp zoekt, iets opleveren. Wij moeten het dus reeds hier uitspreken, dat wij de verwachting van ons geacht medelid, „dat misschien het onderzoek van dezen schedel een bijdrage zou kunnen leveren tot de geschiedenis der rassen in ons vaderland" zullen teleurstellen.

Het eenige wat uit ons onderzoek tot nog toe mag worden afgeleid, is: dat de schedel is van iemand van 't Kaukasische ras, vrij lang, niet zeer hoog, maar plat, en dat de voorhoofdsstreek betrekkelijk het minst ontwikkeld is. Het laatste schijnt wel niet uit de door ons opgegeven kleinste voorhoofdsbreedte te volgen, daar deze de gemiddelde van de schedels der tegenwoordige bewoners van Nederland een weinig overtreft, maar valt in het oog bij beschouwing van den schedel. Het geheele voorhoofdsbeen is relatief klein en, vooral zijdelings, van voren naar achteren, smal.

Van eenig belang schijnt het ons thans nog, den schedel te vergelijken met een te Domburg opgegravenen, waarvan door den heer P. J. J. DE FREMERY, in het 2[de] deel van de Verslag. en Meded. der Kon. Akademie van Wetenschappen, Afdeeling

Natuurkunde, 1854, een beschrijving en afbeelding is gegeven. Van de op het strand van Walcheren gevonden doodkisten, uit in de lengte gekloofde en uitgeholde eikenhouten stammen vervaardigd, maakt de heer MACARÉ melding in eene verhandeling *Over de Domburgsche Oudheden.* Die begraafplaats zal, naar gissing, ongeveer 1000 jaren oud zijn.

De heer DE FREMERY kwam tot de veronderstelling dat de door hem onderzochte schedel van een Noorman afkomstig is; naar het schijnt, echter meer op historische dan op cranioscopische en craniometrische gronden. Voor den schedel van een Romein houdt DE FREMERY hem in geen geval, op grond van de weinige overeenkomst met de door BLUMENBACH gegeven afbeeldingen. Vergelijken wij nu de afmetingen door DE FREMERY opgegeven, met die van den door ons onderzochten schedel, dan vinden wij:

	Lengte.	Breedte.	Hoogte.	Omvang.	
Domburgsche sched.	163	134	142	505	millimet.
Stolwijksche sched.	197	148	142	552	

Ook hier valt weder het verschil in lengte het meest in het oog; daar echter ook de breedte bijna in dezelfde evenredigheid verschilt, zou het verschil in vorm, voor zooveel het daarvan afhangt, niet belangrijk behoeven te zijn. Toch is het zeer belangrijk, en de door DE FREMERY gegeven afbeelding gelijkt zeer weinig op den door ons onderzochten schedel, waarvan aanstonds de oorzaak in den eigenaardigen vorm van het achterhoofd bij den laatsten zal blijken gelegen te zijn.

Even weinig overeenkomst is er op te merken tusschen dezen en een anderen, in de Verhandelingen der Akademie van het jaar 1859, door de HH. J. V. D. HOEVEN en VROLIK beschreven en afgebeelden schedel, welke te Pompeji, in het jaar 1857, in tegenwoordigheid van Z. K. H den prins van Oranje opgedolven, en door Z. K. H., door bemiddeling van den Heer VAN DER BOON MESCH aan de Natuurkundige afdeeling der Akademie tot onderzoek aangeboden was. Die schedel is eer brachy-

dan dolichocephalisch; daarenboven verkeerden de beenderen, naar 't schijnt, in zeer ziekelijken toestand, alle naden waren vergroeid, enz. Het is dus onnoodig door afmetingen of op andere wijzen dien schedel verder te vergelijken met den ons bezig houdenden.

Wat reeds bij de uitwendige beschouwing van den laatsten in het oog valt, maar bezwaarlijk door metingen kan uitgedrukt worden, is de eenigszins ongewone vorm, bij sterke ontwikkeling, van de schelp van het achterhoofdsbeen. Terwijl bij schoon gevormde schedels het aan de grondvlakte gelegen gedeelte dier schelp, zacht afgerond in het eigenlijke achterhoofdsgedeelte overgaat, heeft de ombuiging van het eene in het andere gedeelte in ons geval vrij plotseling plaats, en daarna gaat de achterhoofdsschelp zeer schuin en plat naar voren en boven, in de, eveneens een schuin liggend bijna plat vlak vormende achterste stukken der wandbeenderen over, welke sterk ontwikkeld zijn. Dat die vorm oorspronkelijk bestond, en niet op eene wijziging, door het lang liggen van den schedel in den grond, berust, is moeielijk te bewijzen, maar den toestand der schedelbeenderen in aanmerking genomen, zeer waarschijnlijk. Hierin lag een nadere aanwijzing tot hetgeen in elk geval nog te doen overbleef: de vergelijking van den schedel in zijn geheel met de uitstekende afbeeldingen, van natuurlijke grootte, in de „Crania brittannica" van DAVIS and THURNAM.

De raadpleging van de „Types of Mankind" van NOTT en GLIDDON, waarin de heer LEEMANS een afbeelding van een schedel gevonden heeft, waarvan een doortrekje bij zijne missieve is gevoegd (echter zonder opgave der plaats in het aangehaalde werk) heeft niets opgeleverd, en kon ook niets opleveren, daar de verkleinde afbeeldingen, daarin voorkomende, zeer goed tot illustratie van de algemeene beschouwingen der rassen, op typen gegrond, kunnen strekken, maar weinig punten ter vergelijking met een schedel, zooals de in onze handen gestelde, aanbiedt.

Bij het doorzoeken nu der „Crania brittannica" valt het in het oog, dat de beschreven toestand van het achterhoofdsbeen het meest voorkomt bij de in Engeland opgedolven oude Romeinsche schedels, terwijl de vorm van den schedel in het

geheel ook met diezelfde Romeinsche schedels de meeste overeenkomst aanbiedt. Wij wijzen bijv. op plaat 18, 19, 36, 51, e. a. Wij mogen echter niet verzwijgen dat ook sommige oud-Saksische schedels (plaat 25 en 44 bijv.), wat de algemeene conformatie aangaat, veel overeenkomst met den door ons onderzochten schedel hebben; echter, naar 't ons voorkomt, minder en in minder getal dan de oude Romeinsche.

Vergelijken wij de gemiddelde afmetingen door DAVIS en THURNAM opgegeven, met die van den Stolwijkschen schedel, dan vinden wij voor

	Lengte.	Breedte	Hoogte.	Omvang.	
de oude Romeinsche	193	151	140	546	millimet.
de 〃 Saksische	193	146	143	543	
den Stolwijkschen	197	148	142	552	

Hierbij is op te merken, dat alweder de bijzondere getallen waaruit de gemiddelden zijn afgeleid, sterk genoeg uiteenloopen, om niet veel aan de toevallige overeenstemming der afmetingen te hechten, daargelaten of die overeenstemming dan het grootst zou zijn met de eerste of tweede groep; terwijl omgekeerd ook het verschil, in lengte en omvang, geen grond zou behoeven te zijn, om den schedel niet tot één der twee groepen te brengen. Zoo men op de schedelafmetingen wil afgaan, is er gelijk reeds boven aangetoond werd, geen mogelijkheid, uit te maken, of men met den schedel van een ouden Romein of van een anderen volksstam te doen heeft. De overeenstemming in het algemeen, met de meeste der in Engeland opgedolven oude Romeinsche schedels, mag evenwel niet geheel zonder beteekenis genoemd worden. De ondergeteekenden meenen het echter aan de historici en archaeologen te moeten overlaten, te bepalen of het waarschijnlijk is dat in vroegere eeuwen Romeinen begraven zijn op de plaats, waar de afgebrande kerk van de gemeente Stolwijk gestaan heeft.

Utrecht,
29 Oct. 1869.

W. KOSTER,
P. HARTING.

RAPPORT

OP EEN VOORSTEL VAN

Dr. J. A. C. OUDEMANS,

TE BATAVIA.

Ingediend in de gewone Vergadering van 27 November 1869.

Het voorstel van ons geacht Medelid Dr. OUDEMANS op Java, dat aan het oordeel der Academie is onderworpen, strekt: „dat uwe Commissie zoo mogelijk zoude trachten de verhouding te „bepalen der Normaal-staaf van den Basismeet-toestel tot de „Toise du Pérou, hetzij regtstreeks, hetzij met zoo weinig „schakels doenlijk tusschen de Toise en de Normaal-staaf."

Uwe Commissie heeft tegen dit voorstel bezwaren van verschillenden aard, en wel in de eerste plaats, omdat de Toise du Pérou niet is van den tegenwoordigen tijd, dat is, dat de lengte die zij moet aangeven niet meer met de thans gevorderde naauwkeurigheid er van kan afgenomen worden; ten anderen, omdat onder de tegenwoordige omstandigheden de toestemming om de vergelijkingen te verrigten zeer moeijelijk, zoo àl. zoude te verkrijgen zijn; ten derden ook, om de groote moeite aan het vergelijken van maten verbonden, die zooveel in lengte verschillen als de toise en de meter; — om van het tijdroovende, en de aanzienlijke kosten daaraan verbonden, niet eens te gewagen.

Wat het eerste punt betreft, dit volgt reeds uit het aangevoerde door Dr. OUDEMANS zelven, dat, volgens de *Base du Système métrique* (vol. III p. 412), de toenmalige Commissie „zich niet konde vleijen van grootheden minder dan $\frac{1}{73}$ mm. „zelfs voldoende te schatten."

Indien twee punten genomen in de eindvlakken van de Toise du Pérou, en gelegen in eene lijn evenwijdig aan de overlangsche ribben der staaf, van elkander een afstand hebben die tot $^1/_{73}$ mm. verschilt met den afstand van twee andere op gelijke wijze gekozen punten, dan is het tegenwoordig niet meer uit te maken, welke lengte de in Peru gebruikte toise eigenlijk gehad heeft, dat is van welke lengte men bij de metingen in Peru gebruik gemaakt heeft, anders dan binnen $^1/_{73}$ mm., en het is *onmogelijk* thans eene juiste definitie van de Toise du Pérou te geven.

Er zijn dan ook reeds andere getuigenissen, die afraden om van de Toise du Pérou als grondmaat voor naauwkeurige metingen gebruik te maken, om reden dat hare constructie niet de juistheid heeft die thans in acht genomen moet worden. Zoo zegt F. G. W. STRUVE in zijne in 1831 uitgekomen *Beschreibung der Breitengradmessung in den Ostsee-provinzen Russlands*, 2ter Thl. S. 416, in eene aanmerking: „Die Toise du Pérou „ist jetzt bald hundert Jahre alt. Sie ist nicht mit der Sorg„falt gearbeitet, dass sie mit einer Genauigkeit abgenommen „werden kann, die den jetzigen Forderungen und der Vollkom„menheit der Vergleichungs-hülfsmittel entspricht"

Wij zouden dus verkeerd doen — zonder duchtige gronden — tegen het gevoelen van een zoo bevoegd beoordeelaar als STRUVE te handelen.

In de *Mélanges mathématiques et astronomiques, tirés du Bulletin physico-mathématique de l'Académie impériale des Sciences de St. Pétersbourg*, Tome I, p. 407—432, vindt men eene zeer belangrijke verhandeling van Dr. M. G. VON PAUCKER, getiteld: *Das Astronomische Längenmaasz*, waaruit wij de volgende woorden aanhalen: „Alle Bestimmungen der Grösze der „Erde, welche auf der Pérutoise beruhen, sind unsicher, weil „man unterlassen hat die Grundlinie der Peruanischen Gradmes„sung mit dem Grundmaasze der Französischen zu übermessen."

De hier bedoelde onzekerheid is nu wel geenszins zoo groot, dat aan de metingen in Peru reeds nu eene geringe waarde zoude toekomen, maar uit het aangehaalde volgt toch ook, dat eene vergelijking der Normaal van REPSOLD met de Toise du Pérou ondoeltreffend te achten is.

Wij noemden in de tweede plaats de moeijelijkheid, om onder de tegenwoordige omstandigheden de toestemming te erlangen om eene vergelijking met de Toise du Pérou te bewerkstelligen. Deze zwarigheid is ligt in te zien, als men bedenkt, dat men in de Parijssche Academie met geestdrift hecht aan het denkbeeld om den eenmaal vervaardigden meter, die in de staats-archiven van Frankrijk bewaard wordt, als maats-eenheid te *behouden* en algemeen te maken. Een toestemmend advies van de Fransche Academie, om van de Toise du Pérou als oorspronkelijke maat uit te gaan, zoude dus, zelfs langs den weg der diplomatie, waarschijnlijk niet te verkrijgen zijn.

Nu echter rijst de vraag, wat onder deze omstandigheden het doelmatigst is te doen? Om de lengte der normaalstaaf van REPSOLD, die naar Java zal gezonden worden, in eene *bekende* maat, wetenschappelijk naauwkeurig uit te drukken? Zeer te regt wenscht Dr. OUDEMANS dit, en het is ook de eigenlijke strekking van zijn voorstel. Uwe Commissie kan echter op dit oogenblik onmogelijk hieraan voldoen. — Bij het voorloopig verslag dat namens de Commissie in de Vergadering van den 27sten Junij 1868 over de verificatie van den basismeet-toestel is uitgebragt, is gezegd: dat het resultaat der toen gedane vergelijkingen van de normaalmaat met den Platina-standaardmeter niet geheel bevredigend geweest is, o. a. omdat de eindstrepen op de Platina-el niet zuiver genoeg zijn. Deze oorzaak van onzekerheid blijft bestaan. Maar bovendien is het verschil in lengte van onzen Platina meter met den Parijsschen meter toch niet bekend dan binnen de grenzen van $\pm \frac{1}{200}$ mm., volgens het eigen gevoelen der Commissie die, op last der Regering, in het jaar 1838 dien meter te Parijs vervaardigd heeft, gelijk aan de Academie bekend is.

Eene nieuwe herhaalde vergelijking van de normaal-maat met den Platina-standaardmeter kan dus niet leiden tot de kennis van de lengte der genoemde maat, in vergelijking met den Parijsschen meter uit de Staats-archiven, binnen de grenzen van naauwkeurigheid die bereikbaar en dus noodig zijn.

Uwe Commissie heeft daarom een anderen weg ingeslagen. Zij heeft, gelijk U bekend is, eene glazen meter-streepmaat doen vervaardigen door den Instrumentmaker OLLAND te Utrecht.

De strook glas waarop de streepjes getrokken zijn die den meter aanwijzen, heeft eenmaal behoord tot denzelfden spiegel, waarvan de zeven meters-eindmaten gemaakt zijn, welke, ongeveer tien jaren geleden, zoo onderling als met den Platina-meter zijn vergeleken. Met deze meter-streepmaat zoude de Normaal vergeleken worden, zoo bij winter- als zomertemperatuur. Beide vergelijkingen hebben reeds plaats gehad. De zomer-vergelijkingen hebben een voldoend resultaat opgeleverd; die welke in den voorgaanden winter gedaan zijn, moeten nog herhaald worden, omdat toen eene kleine onzekerheid omtrent de temperatuur der glazen staaf is overgebleven. Wij stellen ons voor, zoodra de aanstaande winterkoude gekomen zal zijn, eene nieuwe vergelijking te doen, waarmede de vergelijkingen, zoo wij hopen, gesloten zullen kunnen worden.

De glazen meter-streepmaat blijft dan hier zorgvuldig bewaard, om bij voorkomende gelegenheden met een buitenlandschen meter vergeleken te worden.

Deze laatste woorden, *bij voorkomende gelegenheden*, hebben bij Dr. OUDEMANS de vrees doen ontstaan, „dat zij niet veel minder dan een onbepaald uitstel zouden aanduiden" en te ontkennen is het niet, dat voor die opvatting een schijn bestaat; dat althans even zoo goed een onbepaald uitstel, tot dat, toevalligerwijze een goed geverifiëerde meter ter beschikking van de Academie zoude komen, bedoeld kon zijn, als eene gelegenheid die waarschijnlijk zich eerlang zoude voordoen. Dit laatste is evenwel werkelijk het geval, want toen de aangehaalde woorden geschreven werden, had de permanente Commissie voor de Europeesche graadmeting reeds, na eene geanimeerde discussie over de te kiezen eenheid van maat, besloten: er zoude een *Europeesche meter* vastgesteld worden, die zoo min mogelijk van den Parijsschen zoude verschillen, en die in elk geval op het zorgvuldigst met dien meter vergeleken zoude worden. — Men zie het verslag in het *Bericht über die Verhandlungen der, von* 30 *September bis* 7 *October* 1867, *zu Berlin abgehaltenen Allgemeinen Conferenz der Europäischen Gradmessung*, pag. 126, punt 7.

Het spreekt van zelf, dat alle Staten die aan de graadmeting van Europa deelnemen, en dus ook wij, in het bezit van zulk

een Europeeschen meter gesteld zouden worden, en het is *deze gelegenheid*, die meer bepaald op het oog is geweest, andere toevallige gelegenheden niet uitgesloten.

Sedert echter zijn onverwachts de omstandigheden veranderd, zoodat waarschijnlijk het tijdstip wanneer wij een behoorlijk geverifiëerden meter hebben zullen, veel nader schijnt gekomen te zijn.

In de Academie te St Petersburg is in dit jaar insgelijks de wensch uitgesproken tot de vervaardiging van nieuwe Prototypen, onder de leiding eener internationale Commissie, in den zin — zoo het schijnt — van een Europeeschen meter, zooals de Duitsche Conferentie van 1867 te Berlijn het opgevat heeft. Het verslag hierover, van den Heer JACOBI, is ook in de Fransche Academie voorgelezen geworden. Men vindt het vermeld in de *Comptes rendus* van den 16den Augustus dezes jaars. Toen is te Parijs terstond eene Commissie benoemd, die reeds in de volgende Vergadering van 23 Augustus (*Comptes rendus* van dien datum) een advies heeft uitgebragt (Rapporteur DUMAS), waarvan de conclusie is, dat: „Le mètre „et le kilogramme des Archives sont des prototypes représen„tant l'un l'unité fondamentale du système métrique, l'autre „le poids. Ils doivent être conservés comme tels, sans modifi„cations."

En verder wordt ook voorgesteld het benoemen eener internationale Commissie, om alle landen van kopieën van die prototypen te voorzien.

De Heer JACOBI is later zelf te Parijs gekomen, en heeft in de Vergadering van den 18den October jl. eene nota overgelegd, waarbij zijne inzigten nader worden uiteengezet, welke daarheen strekken, om met de meest mogelijke naauwkeurigheid, thans bereikbaar, tegelijk een aantal kopieën van den Parijsschen meter te doen vervaardigen; die zoo onderling als met de Prototypen te vergelijken, en in alle landen te verspreiden. Van een Europeeschen Meter, verschillende van den Franschen, schijnt geen sprake meer te zijn, en teregt, want elke kopie zal een verschil met de Prototype, welke ook, Fransche of Europeesche genaamd, hebben, en welke van beide men ook kiest, het zal *een* cijfer of *een ander* cijfer zijn, dat in elk

geval een klein verschil uitdrukt. De Parijssche meter heeft dan historisch de voorkeur, en voor óns nog bovendien, omdat hij bij de wet als standaard der lengtematen is aangewezen.

Volgens een schrijven van Z. Exc. den Minister van Koloniën aan Z. Exc. den Minister van Binnenlandsche Zaken, de dato 28 Sept. jl., Lett. F. No. 7, zoude bij Keizerlijk Besluit reeds eene internationale Commissie in het leven worden geroepen.

Uwer Commissie is van dit laatste niets naders bekend, maar in elk geval blijkt, hetgeen wij wenschten te doen uitkomen, dat het tijdstip van een goeden standaard, ook voor wetenschappelijk gebruik, te bezitten, niet zoo heel ver meer af kan zijn.

Die tijd is evenwel niet zóó na, dat de verzending van den Basis-meettoestel en van de Normaal daarnaar zouden kunnnen wachten. Daarom is er niet anders te doen, dan van de Normaal eene goede kopie hier te houden en die kopie met den verwachten standaard, zoodra hij er zijn zal, te vergelijken.

Het onvermijdelijke bezwaar dat hieruit voor den Heer OUDEMANS ontstaan zal, en dat hij aanwijst met te zeggen: „dat alle berekende afstanden, elk lengte- en breedte-verschil, berekend met de benaderde waarde der Normaal-staaf, later weder gecorrigeerd zoude moeten worden,” is, naar het ons voorkomt zoo groot niet; want eerstelijk alle driehoekszijden, uitgedrukt in eenheden van de Normaal-maat, veranderen slechts in de omgekeerde verhouding van de lengte dier maat, en, wat de lengte- en breedte-verschillen betreft, zoo is het zeer denkbaar, dat de kromming der aarde op Java eene andere is dan hier in Europa, in Peru, aan de Kaap, enz., zoodat de verhouding van een graad breedte en van een lengtegraad op Java, uit de waarnemingen aldaar zelve opgemaakt zal moeten worden. De lengte en breedte der niet astronomisch bepaalde hoekpunten van driehoeken zullen dus ook uit dezen hoofde aan eene latere correctie, na eene eerste voltooijing der berekeningen, onderworpen blijven.

En bedenkt men, dat de Triangulatie, volgens het schrijven van Dr. OUDEMANS, denkelijk op zijn vroegst eerst in het volgende jaar voltooid zal kunnen zijn; dat dan nog meerdere

punten met naauwkeurigheid astronomisch bepaald moeten worden, en dat de twee of drie grondlijnen *nog gemeten* moeten worden — dat ook, blijkens de ondervinding alhier, ligt twee of drie jaren kan vorderen, tenzij die grondlijnen veel korter dan hier, genomen worden — dan is het zeer mogelijk, dat de verificatie van onzen meter nog eer voltooid zal kunnen zijn, alvorens de kennis van de juiste lengte der Normaal op Java noodig zal worden.

Er is echter nog iets, dat absoluut, naar het ons voorkomt, van meer gewigt is, te weten dit: dat in den laatsten tijd gegronde twijfel ontstaan is, of de coëfficiënten van uitzetting der metalen wel zoo onveranderlijk zijn als men tot heden heeft aangenomen, en mitsdien of het wel in het geheel mogelijk is, binnen de grenzen van naauwkeurigheid der tegenwoordige waarnemingen, onveranderlijke standaard-maten, althans van ijzer of zink, te bezitten.

De Generaal Dr. BAEYER heeft voor het eerst hierop opmerkzaam gemaakt, men zie: *Bericht über die mittel-europäische Gradmessung, für das Jahr* 1866, pag. 34, en de verschillende waarden der uitzettings-coëfficiënten opgegeven die in de jaren 1834, 1846 en 1854 van de Besselsche staven zijn gevonden. Deze staven waren van ijzer en zink, evenals onze Normaalmaat, zamengesteld. Indien de waarnemingen van Generaal BAEYER goed zijn — en daaraan valt niet te twijfelen — dan is een gelijk lot voor de Normaal-staaf te duchten. De verandering is het grootst geweest in het tijdvak toen de staven betrekkelijk het meest bewogen werden, zoo door vervoer per spoor als door gebruik. De Normaal-staaf heeft tot heden rustig gelegen, maar zij moet ook vervoerd worden, wel niet per spoor, maar waarschijnlijk in een zeilschip; in zóó verre is er dus minder gevaar. Desniettemin is het ons voorgekomen, dat het zijn nut konde hebben, een middel te bezitten, om in het vervolg althans waarschijnlijkerwijze te kunnen beoordeelen, of er veranderingen van lengte al dan niet plaats gehad hebben.

Van de zeven glazen meters-eindmaten, die hier zoo onderling als met de Platina-el vergeleken zijn, bevindt er zich een op Java en wordt er ook een hier bewaard. Die maten hebben tot één stuk glas behoord, en het onderling zeer kleine

verschil is behoorlijk waargenomen geworden. Het resultaat der vergelijkingen is opgenomen in de *Verslagen en Mededeelingen* der Kon. Akademie, 7[de] Deel, bl. 32 en volg.

De afzonderlijke waarnemingen zijn nog niet openbaar gemaakt, maar de gehouden aanteekeningen zijn aanwezig, en kunnen altijd geraadpleegd worden.

Het opgevatte denkbeeld is dan: om de Normaal-maat ook nog vóór haar vertrek te vergelijken met de glazen meter-eindmaat die hier bewaard wordt. Deze vergelijking is, met behulp van eene weinig kostbare inrigting aan den comparateur van REPSOLD toe te voegen, mogelijk. Men behoeft slechts den glazen meter door een daartoe te maken wagentje over den comparateur te kunnen bewegen, ten einde hem te plaatsen gelijk voor de vergelijking vereischt wordt; een spiegeltje voorts en eene koperen lade, om den glazen meter met water te kunnen omgeven, is het voornaamste dat noodig is.

Die inrigting kan mede naar Java gezonden worden, om daar te dienen tot eene vergelijking der Normaal-staaf met de glazen meter-eindmaat die ter beschikking van Dr. OUDEMANS is.

De onderlinge vergelijking der uitkomsten, hier en op Java verkregen, kunnen dan tot toets verstrekken van de naauwkeurigheid die bereikt is.

Ter gunste van eene vergelijking der Normaal met onze glazen meter-eindmaat, kan nog aangevoerd worden, dat deze laatste vergeleken is met de Engelsche Yard, die door het Engelsche Gouvernement aan onze Regering gezonden is, en die mede hier in het gebouw der Academie bewaard wordt; eindelijk, dat een geacht medelid der Academie, de Heer VAN DER WILLIGEN, voornemens is om de lengte van den secunde-slinger te bepalen, in vergelijking met een der meergenoemde glazen meters.

De Commissie heeft de eer, de ontwikkelde denkbeelden omtrent het voorstel van Dr. OUDEMANS aan de beraadslaging der Vergadering te onderwerpen.

Amsterdam, den 27 Nov. 1869.

(Get.) F. J. STAMKART,
C. J. MATTHES,
L. COHEN STUART.

OVER PROEFNEMINGEN

OP HET GEBIED DER

W A T E R L O O P K U N D E.

DOOR

T. J. STIELTJES.

Voorgedragen in de gewone Vergadering van 30 October 1869.

Bij het toepassen van de formulen, die de snelheid in eene rivier bepalen, op wateren, als: de Vecht, Regge, Dinkel en andere in Overijssel, is het mij steeds gebleken: dat het verval op zulke kleine, kronkelende, onregelmatige rivieren grooter is, dan uit de snelheid zou worden afgeleid. Later de gelegenheid hebbende diezelfde formulen toe te passen op genoegzaam regte, zeer regelmatige panden van gegraven kanalen, bleek het mij integendeel, dat op deze een kleiner verhang, dan de formulen aangeven, voldoende was om zekere stroom-snelheid te verkrijgen. Hetzelfde verschijnsel trof mij nog sterker in de laatste jaren, bij het vergelijken der verhanglijnen op de regelmatige ruime boezem-kanalen in Holland. Meer en meer werd het mij duidelijk, dat de formulen van PRONY en BELLANGER niet altijd goede uitkomsten geven; dat daarbij niet genoeg gerekend is op velerlei tegenstanden, die in onregelmatige rivieren (dat is met andere woorden in meest *alle* rivieren) voorkomen, en met belangstelling zag ik steeds daarnaar uit, dat door nieuwe proeven, nog betwiste punten tot oplossing zouden gebragt worden.

Twee groote werken, in de laatste jaren meer algemeen bekend geworden, hebben de aandacht van alle belangstellenden op nieuw op dit onderwerp gevestigd. Die werken zijn het:

Report upon the physics and hydraulics of the Mississipi river, upon the protection of the alluvial region against overflow, and upon the deepening of the mouths; based upon surveys and investigations made under the acts of Congress, directing the topographical and hydrographical survey of the Delta of the Mississipi river, with such investigations as might lead to determine the most practicable plan for securing it from inundation, and the best mode of deepening the channels at the mouth of the river.

Bureau of the topographical-engineers, war-department 1861.

Prepared by captain A. A Humphreys, and lieutenant H. L. Abbot, corps of topographical engineers, United States Army.

en de

Recherches hydrauliques entreprises par M. H. Darcy, inspecteur général des Ponts et chaussées, continuées par M. H. Bazin, ingénieur des Ponts et chaussées.

Paris, imprimerie impériale. 1865.

De proeven, in beide werken omschreven, hadden plaats voor rekening van de betrokken staten, en daarbij werd op geene uitgaven gezien. De Amerikaansche ingenieurs konden het werk van DARCY en BAZIN niet kennen, dat eerst later in druk is verschenen; BAZIN was, eveneens, met het werk van HUMPHREYS en ABBOT niet bekend. De proeven hadden dus geheel onafhankelijk van elkander plaats. De Amerikaansche proeven werden genomen op eene zeer groote rivier; herhaaldelijk komen diepten van 20, 30 en zelfs meer meters voor, breedten van 800 meters, er wordt gesproken van een afvoer van 20000 kub. meters per secunde. De Fransche proeven daarentegen werden voor het grootste gedeelte genomen op een daartoe opzettelijk vervaardigd kanaaltje (rigole) van circa 600 meters lengte met veranderlijk verhang. Dit kanaaltje had 2 meters breedte bij 1 meter diepte, was met planken beschoeid, en bodem en wanden werden soms met grint, zand, enz bedekt, om den wederstand van onderscheidene wanden te onderzoeken. Enkele proeven hadden op kanaalvakken van middelbare afmetingen plaats. Beide reeksen van proeven, zoowel die in Amerika als in Frankrijk, schijnen met die naauwkeurigheid geschied te zijn, welke bereikbaar was, en die met de grootte der waar te

nemen zaken in verband stond. Alvorens op eenige uitkomsten en verschillen van beide reeksen van proeven te wijzen en op de leemten, die ook nu nog in de theorieën over de beweging van water bestaan, zij het mij vergund eerst in het kort aan de gronden te herinneren, waarop de thans gebruikelijke formulen voor de stroomsnelheid berusten. Ik volg hierbij de zoo korte en duidelijke beschrijving, voorkomende in de Hydrodynamica van ons hooggeacht medelid, den Heer J. P. DELPRAT. (Derde uitgave, 1861, bl. 250.)

„De ondervinding echter het bestaan van zulke regelmatige „waterstroomen aanwijzende, zoo moet er bij de beweging van „het water in het bed der rivieren en kanalen, een vertragende „kracht bestaan, die de versnelling der zwaartekracht tegenwerkt. „Is de vertraging grooter dan de versnelling der zwaartekracht, „dan vermindert de snelheid der waterdeelen en alzoo de mid- „delbare snelheid; alsdan moet het dwarsprofil grooter worden. „Is die vertraging juist gelijk aan de versnelling der zwaarte- „kracht, dan verandert de snelheid der waterdeelen niet, en dus „ook niet de middelbare snelheid. Is eindelijk de vertraging „dezer kracht kleiner dan de versnelling der zwaartekracht, dan „zal de snelheid der waterdeelen en dus de middelbare snel- „heid toenemen, doch minder dan buiten den invloed dier ver- „tragende kracht.”

„§ 62. De zoo even bedoelde vertragende kracht is alleen „te zoeken in den tegenstand, dien de natte omtrek op de „beweging van het water uitoefent, voortspruitende uit de „aankleving der waterdeelen aan dien omtrek en van die dee- „len onderling aan elkander. De waterdeelen langs den natten „omtrek door hunne aankleving met dien omtrek vertraagd „wordende, vertragen op hunne beurt de aangrenzende water- „deelen, en deze wederom, om dezelfde reden, de daaraanvol- „gende tot het punt des profils, alwaar de grootste snelheid „plaats heeft. Hierdoor laat zich ook verklaren de mindere „snelheid langs de oevers en aan den bodem der rivieren, in „vergelijking van de snelheid in het midden.”

„Indien bij de beweging van het water, de deelen met den „omtrek in aanraking zich telkens volkomen los maakten van „dien omtrek, zoodat, wanneer het bed geheel ledig liep, de

„omtrek volkomen droog wierd, dan zou, naarmate de opper-
„vlakte van het bed meer of min aankleving met de water-
„deelen had, de vertraging door die aankleving veroorzaakt,
„ook veranderen. Doch in de wezenlijkheid is dit het geval
„niet; de omtrek of het bed blijft nat, al stroomt het water
„weg; de waterdeelen aan den omtrek stroomen niet mede,
„zij worden dus van de voorbijstroomende waterdeelen afge-
„scheurd, of zoo men wil: de aankleving tusschen die waterdeelen
„wordt verbroken. Men kan zich alzoo het water voorstellen,
„als bewegende over een oppervlakte geheel uit waterdeelen
„gevormd, door den werkelijken omtrek vastgehouden; uit
„welke stoffen, aardsoorten, enz. dan ook het bed mag be-
„staan, de vertraging door de aankleving veroorzaakt, zal de-
„zelfde blijven, mits slechts het bed zelf niet door den stroom
„worde aangetast."

Op deze uiteenzetting der gronden, waarop de snelheid der rivieren berust, volgt nu eene mededeeling der proeven van DUBUAT, PRONY, EYTELWEIN, FUNCK, KRAYENHOFF en anderen, en van de coëfficiënten uit die proeven afgeleid; terwijl wordt aangetoond dat, voor regelmatige kanalen of stroomen, het gebruik van die coëfficiënten uitkomsten geeft, die voor de praktijk eene voldoende naauwkeurigheid bezitten. Daarop wordt de formule van BELLANGER medegedeeld (pag. 261), toepasselijk op minder regelmatige stroomen, waarbij bijv. de bodem geene regte lijn maar eene flaauw gebogen kromme lijn kan zijn, „als „zijnde de eenige die in het werkelijke voorkomt." Op blz. 265 voegt de schrijver daarbij: „over het algemeen veranderen „de dwarsprofillen weinig, zelfs al is de afstand der profillen „vrij aanmerkelijk." Men ziet dus, dat alleen op vrij regelmatige rivieren gerekend is. Op blz. 270—271 volgt dan de verklaring „dat de toepassing der formule, bij eenigszins regel-
„matige waterstroomen, uitkomsten zal geven die weinig van
„de waarheid afwijken. Zoo geeft de berekening toegepast op
„de rivier de Waal — de profillen 1000 el van elkander ge-
„nomen — een verschil in hoogte des waterspiegels bij mid-
„delbaren rivierstand, van Hulhuizen tot Tiel, van 5.186 el,
„terwijl de waarneming geeft 4.984 el. Eene toepassing op
„de rivier de Lek gaf voor het verval van Arnhem tot Vianen

„ 6.433 el, en de waarneming 6.574 el; latere toepassingen op „ den IJssel en de Maas hebben eveneens zeer goede overeen- „ komsten met de waarnemingen gegeven."

Toegevende dat op *vrij regelmatige* stroomen de toepassing der thans gebruikelijke formulen en coëfficiënten min of meer bruikbare uitkomsten geeft, kan ik niet met den schrijver instemmen, dat die uitkomsten ook op onze groote rivieren bevredigend mogen genoemd worden. De berekeningen, door den heer DELPRAT omtrent het verhang op Neder-Rijn en Lek tusschen Arnhem en Vianen medegedeeld, kunnen daarvan ten voorbeeld strekken.

Die berekeningen (in 1850 opgenomen in de Verhandelingen der eerste klasse van het Koninklijk Nederlandsch Instituut, 3de Reeks, 3de Deel) berusten op de gegevens, voorkomende in de *Registers van peilingen*, door het gouvernement uitgegeven. In de mededeelingen van den Heer DELPRAT vindt men reeds groote afwijkingen, bijv.

In peilraai XXII	687.17 inhoud,	230.0 waterbreedte,	3.01 middelbare diepte.	
„ „ XXIII	474.94 „	209.0 „	2.24 „	„

Bovendien blijkt uit die registers zelven, hoe onregelmatig die *middelbare* diepte is, en welke sterke veranderingen in diepte in elk profil gevonden worden. Bovendien blijkt uit de rivierkaarten op de schaal van 1 : 10 000 uitgegeven, hoe onregelmatig dikwerf de tusschenvakken zijn, door eilandjes of rijswaarden, kribben, enz. enz. Onze groote rivieren, ofschoon sedert 1850 meer en meer tot regelmatige rivieren naderende, waren *toen* (in 1840 en daaromtrent) nog niets minder dan regelmatige rivieren.

De *afvoer* bij den middelbaren rivierstand (M. R.) van 26 Augustus 1812, was door KRAYENHOFF bepaald op 461.02 kub. meters per secunde. De heer DELPRAT, daaruit de middelbare snelheid uit de *later gevonden* profillen, namelijk die van 1840, bepalende, komt tot het besluit: dat het verhang tusschen Arnhem en Vianen moet zijn 5-36416 m.
terwijl het volgens de Hydrographische waarnemingen is 6.574 m.
een verschil dus (de onderdeelen van strepen verwaarloozende) van 1.21 of 22½ pCt. *boven* het berekende verhang.

Nu hervat de Heer DELPRAT zijne berekeningen in de veronderstelling van een afvoer van 511.26 kub. meters, en vindt het berekende verhang 6.43280, slechts 0.14 meters verschil gevende met het feitelijk verhang, of $2\frac{1}{6}$ pCt. *boven* het berekende verhang.

Hoe nu de Heer DELPRAT juist aan dien afvoer van 511.26 kub. meters is gekomen, blijkt niet; wierd dit cijfer nog eenige weinige kub. meters verhoogd, dan zou de uitkomst der berekening *geheel* met den feitelijken toestand zijn overeengekomen. Het medegedeelde uit de memorie van den heer FERRAND, die eene toename van den waterafvoer langs de Lek aanneemt, is niet voldoende om dat afvoer-cijfer van 511.26 te verklaren Uit de opgaven van den heer FERRAND blijkt wel, dat het verhang, sedert KRAYENHOFF's opgaven, op enkele centimeters na, onveranderd is gebleven, en de afvoer tusschen 1837 en 1846, bij tien verschillende metingen, is bevonden te zijn: 519, 500, 495, 512, 463, 532, 496, 671, 752, 503 kub. meters, altijd bij standen, slechts weinige centimeters afwijkende van den gemiddelden stand van 26 Augustus 1812.

Het gemiddelde is 544.3 kub meters. Al wat ik uit die opgaven zou afleiden zou zijn: de groote moeijelijkheid der juiste bepaling van den afvoer, die eene langdurige oefening vereischt. Stellig zijn verscheidene van die afvoer-metingen verkeerd, bijv. die waarbij de afvoer op 752 kub. meters wordt aangegeven. Was dat cijfer goed, wat met circa 744 kub. meters bij middelbaren stand overeenkomt, dan zou het verval tusschen Arnhem en Vianen ongeveer het dubbele worden van dat, hetwelk uit den afvoer van 511.26 is berekend; het zou worden omstreeks 13 in plaats van $6\frac{1}{2}$ meter, waarvan het gevolg zou zijn (middelbaar water te Arnhem iets beneden 9 meter + AP zijnde) dat het water te Vianen 4 meters — AP zou liggen.

Het komt mij voor dat werkelijk de afvoer, door KRAYENHOFF opgegeven als 463 kub. meters, te gering is, omdat zooals door VICTOR FOURNIÉ is opgemerkt *) KRAYENHOFF de gemid-

*) Résumé des expériences Hydrauliques exécutées par le gouvernement Américain sur le Missisipi et remarques sur les conséquences qui en découlent relativement

delde snelheid in het geheele profil berekende uit de gemiddelde snelheid der drijvers, zonder zich te bekommeren om de grootte der profillen, waarin elke snelheid is waargenomen. En ik kan niet met FOURNIÉ aannemen, dat deze fout wordt opgewogen door te geringe lengte en daardoor te groote snelheid der drijvers, die natuurlijk den grond niet mogten aanroeren. Belangrijk zou het zijn uit KRAYENHOFF's oorspronkelijke aanteekeningen, zoo die nog voorhanden waren, de werkelijke gemiddelde snelheid af te leiden, en dan te zien hoe de formules uitkwamen. Het komt echter weinig waarschijnlijk voor, dat iemand als KRAYENHOFF, die zulk eene hoofdstudie van de meting der snelheid van rivieren gemaakt had, zich zoo zeer zou vergist hebben, dat een afvoer van 461 op 511 kub. meters zou moeten gebragt worden.

Ofschoon dus de toepassing der formulen op het verhang langs Neder-Rijn en Lek niet bepaald aanwijst dat de formulen slecht zijn, en niet toepasselijk op onregelmatige rivieren, doen ze toch vermoeden dat zij voor dat geval onvoldoende zijn. Dit is ook het gevoelen van velen, die over dat onderwerp geschreven hebben, en die daarom op het nemen van meerdere proeven hebben aangedrongen.

De onderzoekingen van DARCY en BAZIN hebben boven elken twijfel verheven den invloed, dien de meerdere of mindere gladheid der wanden op de snelheid van het water eener rivier uitoefent. Hiermede vervalt de onderstelling van de waterschijf, die als 't ware aan de wanden zich vasthechtte, en waarover en waarlangs de verdere watermassa naar beneden vloeide, zooals door DUBAUT was aangenomen, en waarin meest alle latere schrijvers hem waren gevolgd. Ik zeg de *meeste*, niet *alle* schrijvers; want reeds in 1848 kwam DUPUIT *) ten sterkste en herhaaldelijk tegen die bewering op en zeide:

à la théorie des eaux courantes, par VICTOR FOURNIÉ, ingénieur des ponts et chaussées. Paris 1867. De opmerking omtrent KRAYENHOFF's gemiddelden komt voor op blz. 91.

*) Etudes théoriques et pratiques sur le mouvement des eaux courantes, suivies de considérations relatives au régime des grandes eaux, au débouché à leur donner, et à la marche des alluvions dans les rivières a fond mobile; par J. DUPUIT, Ingénieur des ponts et chaussées. Paris 1848.

p. 1. „La solution de tous les problèmes qu'on peut se „proposer sur le mouvement des eaux courantes, repose sur la „connaissance des résistances, que les molécules liquides éprou- „vent à se séparer des solides avec lesquels elles sont en con- „tact, et à se détacher les unes des autres."

p. 8. „Cette hypothèse (d'une couche d'eau adhérente à „la paroi dont la vitesse serait nulle et sur laquelle glisserait la „seconde couche), qui n'est d'ailleurs nullement nécessaire à „l'explication du phénomène, est donc inadmissible."

p. 9. „Autre conséquence, qui est loin d'être démontrée, „c'est que l'eau éprouve la même résistance de la part d'une „paroi quelconque."

p. 22. „En résumé, le mouvement d'un fluide dans un „canal donne lieu à deux résistances; l'adhérenee du fluide „aux parois du canal; la cohésion des molécules entre elles. „Ces deux résistanees ont pour propriétés communes d'être pro- „portionnelles aux surfaces en contact; d'être indépendantes de „la pression; de croître pour l'adhérence avec la vitesse absolue, „pour la cohésion avec le rapport entre la vitesse relative des „couches et leur épaisseur. Ces propriétés que mettent en évi- „dence les expérienees les plus simples, distinguent complète- „ment ces deux résistanees du frottement des solides sur les „solides, qui ne dépend ni de la vitesse, ni de la superficie „du contact et croît au contraire avec la pression. Cependant „l'adhérence du liquide au solide est une force de même ordre „et comparable au frottement ordinaire, on pourrait déterminer „l'épaisseur d'une feuille de tôle qui éprouverait en glissant „sur une surtace solide la même résistance qu'y rencontrerait „une couche d'eau de même surface. Quant à la cohésion des „molécules entre elles, c'est une espèce d'affinité chimique d'un „ordre complètement différent et qui agit avec une intensité „incomparablement plus grande que l'adhérence. C'est là une „distinction essentielle que nous ne trouvons établie dans „aucun traité d'hydrodynamique; qu'on nous permette de „signaler en passant quelques phénomènes qui nous paraissent en „être une conséquence immédiate et une confirmation éclatante."

Omtrent de verdeeling der snelheid in een rivierprofil, bevatten de proeven van DARCY en BAZIN veel wetenswaardigs.

Over 't algemeen was de grootste snelheid even onder het oppervlak, bij enkele profillen echter aan het oppervlak, bij enkele andere bijna op de halve diepte. De zeer verschillende uitkomsten doen dan ook Bazin zeggen:

p 30. „La question se complique et s'obscurcit donc davan-„tage, à mesure que de nouvelles expériences plus nombreuses „et plus précises paraîtraient devoir y jeter une plus grande „lumière. Que conclure de ces résultats si divers et en appa-„rence contradictoires, ci ce n'est que nous ne possédons pas „encore de notions saines sur les mouvements intérieurs des „fluides et sur les actions mutuelles de leurs molécules? Peut-„être cette partie si délicate de la science doit-elle rester long-„temps encore dans le domaine de l'empirisme."

Reeds in de proeven van 1790 en 1792 op de Nederlandsche bovenrivieren genomen door Brunings, en waarvan ons hooggeacht medelid J. P Delprat in 1855 zulk eene heldere analyse heeft geleverd in de werken van deze Akademie, was het gebleken: dat dikwerf de grootste snelheid niet juist aan 't oppervlak boven de grootste diepte was gelegen, waar zij noodzakelijk liggen moest, wanneer de tegenstand aan de wanden de éénige vertragende kracht was. Ook daar werd zij in den regel iets *beneden* den waterspiegel aangetroffen. Bij de Amerikaansche proeven, op de Mississipi genomen met drijvers, lag in den regel die grootste snelheid veel dieper onder het oppervlak, circa op $\frac{1}{3}$ der diepte daaronder. De Amerikaansche waarnemers brengen echter ook een nieuwen tegenstand in rekening, namelijk: den tegenstand der lucht aan het oppervlak, niet alleen bij wind, maar ook bij stilte. Zij beschouwen dus het water in rivieren als stroomende in buizen, die van onderen en ter zijde uit vaste wanden en van boven uit luchtdeelen zijn zamengesteld.

Bovendien zijn vele proeven genomen omtrent den invloed van den wind op de snelheid van de rivieren, en wel naarmate die op-, af- of dwars over de rivier waaide. Stelt men den orkaan gelijk 10, zoo werden de proeven mogelijk bevonden bij windsterkten door de cijfers 1, 2, 3 en 4 voorgesteld. Niettegenstaande het ruwe dezer schattingen, is het toch goed, dat eindelijk ook eens op den grooten invloed van den wind acht

is gegeven, een invloed die vooral op de bijna horizontale boezemkanalen in onze polderlanden voor de afwatering der sluizen van het grootste belang is.

In verband met den invloed van den tegenstand der wanden en van het oppervlak, zijn vele proeven genomen omtrent de gemiddelde snelheid, die overeen schijnt te komen met de snelheid, die op de halve diepte wordt aangetroffen.

Het zeer uitgebreide verslag der HH. HUMPHREYS en ABBOT is op verschillende wijzen beoordeeld. In Zuid-Duitschland schijnt het algemeen op hoogen prijs te zijn gesteld; in eene mededeeling van A. VON BURG aan de Akademie van wetenschappen te Weenen wordt gezegd: dat de uitkomsten der proeven zeer bevredigend zijn, en dat door deze nieuwe theorieën en formulen de wetenschap der waterloopkunde eene verblijdende schrede voorwaarts heeft gedaan. Het werk werd in 1867 te Munchen in het Duitsch overgezet door H. GREBENAU, onder den titel: „Theorie der Bewegung des Wassers in Flüssen und Kanälen." Dat die vertaler er zich gunstig over uit liet, spreekt wel van zelf, maar ook verschillende technische tijdschriften prezen dit werk zeer aan.

In Noord-Duitschland verschenen daarover onder anderen twee artikelen van den bekenden waterbouwkundige G. HAGEN, beide vertaald door den heer OLIVIER, en opgenomen in de uittreksels van vreemde tijdschriften voor het Instituut van Ingenieurs, en wel van 1867—1868, bl. 59—64, en 1868—1869 bl. 80—93. Ofschoon daarin op vele onduidelijkheden, leemten, onjuistheden, enz. wordt gewezen, erkent de bekwame schrijver toch: „dat, al toont het onderzoek dat deze vermeende theo- „rieën niet als zoodanig mogen gelden, dit echter nog niet tot „twijfel omtrent de waarnemingen zelve leidt; veeleer is, uit „het gebrek aan overeenstemming van deze met de theorieën te „besluiten, dat zij volledig en onveranderd zijn medegedeeld. „Ook is, uit de beschrijving der uitvoering van deze metingen, „niet te ontkennen, dat zij met zaakkennis en overleg zijn „geschied. Zonder tegenspraak behooren zij tot de beste water- „loopkundige metingen die wij bezitten, en de omstandigheid, „dat zij op eenen zoo magtigen stroom als de Mississipi, zijn „uitgevoerd, verleent ze eene nog hoogere waarde."

„Jammer is het, dat de metingen zelve niet zijn medege-„dedeeld, maar in meervoudige verbindingen voorkomen; zoo „ook dat vele bijzonderheden onvermeld bleven, die geenszins „onverschillig waren."

Reeds in 1864 deelde ons medelid Delprat over hetzelfde werk een uitvoerig verslag mede aan het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, te vinden in de verhandeling over 1864—1865, Bl. 60—74, met graphische voorstellingen van de snelheden in dezelfde verticaal op verschillende diepten, eveneens als in de verhandeling van 1855 over Brunings proeven. Ofschoon vele aanmerkingen worden gemaakt op de wijze van berekening door de proefnemers nu en dan gevolgd, wordt toch ook het gewigt erkend van deze proeven, op eene zoo kolossale rivier als de Mississipi genomen.

In Frankrijk gaf Victor Fournié in het reeds aangehaalde werk een volledig overzigt van den inhoud van den arbeid der Amerikaansche waarnemers, die zeer gunstig beoordeeld wordt. Hij eindigt zijn werk met eene vergelijking der proeven van Darcy en Bazin met die van Humphreys en Abbot. Hoe ingenomen ook met de proeven der Amerikaansche ingenieurs, waarschuwt hij toch tegen te snelle besluiten, daaruit te trekken. Zoo zegt hij onder anderen op p. 115:

„Les savants américains ont adopté un parti radical. Ils „admettent que la résistance à la surface est *la même* que la „résistance du lit, et que le liquide coule dans un tuyau dont „les parois sont mi-partie solides, mi-partie gazeuses. Les vérifi-„cations expérimentales qu'ils obtiennent pour leurs formules „leur donnent un appui dont il faut tenir compte.".

„Il serait prématuré cependant d'adopter cette conclusion „comme une loi physique. Il faut sonder plus profondément en-„core le phénomène et demander à l'expérience directe ce qu'elle „seule peut donner: la mesure et le mode de variation de „la résistance qu'opposent au mouvement permanent uniforme „d'un liquide les parois solides, liquides ou gazeuses qui l'en-„veloppent."

Het zij mij nu nog vergund eenige oogenblikken stil te

staan bij het groote belang, dat Nederland heeft bij de oplossing van deze nog onbesliste vragen der waterloopkunde, en bij de wijze waarop het, door zijne eigenaardige ligging, tot die oplossing zou kunnen medewerken.

Een groot, en wel het meest bevolkte deel van Nederland bestaat uit de polders, wier ligging beneden den stand der zee kunstmatige opvoering van water noodig maakt naar boezemkanalen, wier hoogere ligging natuurlijke uitloozing op de zee of op rivieren *in den regel* mogelijk maakt. Doorgaans zijn die boezemkanalen vrij regelmatig, en daarop zouden de gewone formulen dus van toepassing zijn. Maar eene hoofdrol bij de afwatering op die boezemkanalen door de aan hunne monding gelegen sluizen, spelen de op- en afwaaijing van het binnen- en buitenwater, waardoor naar omstandigheden de sluisgang bevoordeeld of benadeeld wordt. Een enkel voorbeeld ter opheldering. Het hoogheemraadschap van Rijnland, dat met het waterschap van Woerden 123000 hectares oppervlak heeft, watert. zooals bekend is, op de Noordzee uit door de sluizen van Katwijk, op het IJ door de sluizen van Spaarndam en Halfweg, alwaar bovendien stoomwerktuigen de uitwatering bij hoog buitenwater te hulp komen. Bovendien heeft Rijnland nog eene, schoon minder belangrijke en minder gunstig gelegen uitwatering, zoowel natuurlijk als kunstmatig, te Gouda. Door het vrij groote verschil van eb en vloed te Katwijk, en het veelal diep dalen der ebbe aldaar, is de uitwatering aldaar het best verzekerd. De natuurlijke uitwatering te Spaarndam en Halfweg zou, naar den gemiddelden stand der ebbe en vloed gerekend, onmogelijk zijn; immers die standen zijn:

	te Spaarndam.	te Halfweg.
Hoogte van de eb, gemiddeld	0.237 — AP.	0.237 — AP.
〃 〃 den vloed 〃	0.106 + AP.	0.088 + AP.

De waterstand in Rijnland nu is *lager* dan de gemiddelde stand der eb. Bij een boezemstand van 0.275 — AP., een hoogen stand, moeten reeds de sluizen in den zuidelijken Rijndijk gesloten blijven; de gewone stand is veelal 0.30 à 0.70 AP. Bij uitzondering komt het hooger dan 0.275 — en lager

dan 0.70 — AP. En wat leeren nu de uitgebreide naauwkeurige waarnemingen in Rijnland, waarvan de resultaten in hoogst belangrijke verslagen jaarlijks vereenigd worden? Dat op het IJ werden geloosd, op natuurlijke wijze, de volgende hoeveelheden water: —

	te Spaarndam.						te Halfweg.						
In 1858	39.67	millioenen	k.	m.	in 279	uren.	34.18	mill.	k.	m.	in 250	uren
„ 1859	105.48	„	„	„	„ 588½	„	88.94	„	„	„	„ 611	„
„ 1860	112.46	„	„	„	„ 683	„	66.40	„	„	„	„ 584	„
„ 1861	75.64	„	„	„	„ 437	„	52.96	„	„	„	„ 390½	„
„ 1862	85.71	„	„	„	„ 481½	„	51.69	„	„	„	„ 388	„
„ 1863	95.52	„	„	„	„ 467½	„	43.40	„	„	„	„ 366	„
„ 1864	58.73	„	„	„	„ 346	„	32.30	„	„	„	„ 347½	„
„ 1865	56.11	„	„	„	„ 332	„	28.08	„	„	„	„ 324	„
„ 1866	149.96	„	„	„	„ 738	„	69.16	„	„	„	„ 715	„
„ 1867	107.72	„	„	„	„ 530½	„	56.89	„	„	„	„ 507½	„

De gemiddelde jaarlijksche vervallen in de sluizen variëerden daarbij van 0.032 tot 0.091 meter, en men ziet daaruit welk een grooten invloed zelfs eene geringe opwaaijing van het boezemwater *binnen* de sluis, en van eene geringe afwaaijing van het IJ *buiten* de sluis, uitoefenen. De invloed van den wind moge betrekkelijk gering zijn op den waterstand van natuurlijke bovenrivieren met groot verhang, op de bijna horizontale Hollandsche boezemkanalen is hij zeer groot, en te verwonderen is het, dat eene zaak van dat belang nog niet meer de aandacht heeft getrokken; dat de wetten van op- en afwaaijing niet reeds door middel van proeven en waarnemingen zijn nagevorscht.

Merkwaardig is het ook dat in jaren waarin veel regen is gevallen, bijv. in 1860 en 1866, ook zooveel water te Spaarndam en Halfweg geloosd is. Dezelfde zuid-westenwind, waarbij de meeste regen valt, heeft waarschijnlijk de afwatering van Spaarndam en Halfweg verbeterd, en althans een gedeelte van den anders te verwachten waterlast weggenomen.

De kwestie der op en afwaaijing is eveneens van groot beang voor de oeverlanden van meeren of binnenzeeën. Het is bekend dat het verhang op de Haarlemmermeer, door dien invloed, zeer groot kon zijn; dat het water bij aanhoudende sterke zuid-westenwinden met een groot verval door de sluizen te Spaarndam en vooral te Halfweg stroomde, terwijl omge-

keerd het water der Haarlemmermeer bij Noorden- en Noordoostenwinden aan de zuidzijde werd opgezet en last van water in Rijnland veroorzaakte. Waarschijnlijk is die invloed ook groot op de meeren in Friesland; zeer belangrijk is hij op het zuidedelijk gedeelte van de Zuiderzee, zooals uit de volgende opgaven blijken kan. *) Terwijl bij kalm weder, de verschillen van eb en vloed in dit gedeelte onbelangrijk zijn, als:

te Hoorn	0.36	meters.
〃 Urk	0.23	〃
〃 Marken	0.30	〃
〃 Amsterdam	0.38	〃
〃 Elburg	0.24	〃
〃 Kraggenburg	0.23	〃
〃 Blokzijl	0.06	〃
〃 Lemmer	0.10	〃
〃 Tacozijl	0.17	〃

en het verhang alsdan gering is, zijnde bijvoorbeeld de hoogte van den vloed

te Amsterdam	0.04 + AP,
〃 Elburg	0.12 + AP,
〃 Kraggenburg	0.43 + AP,
〃 Lemmer	0.32 + AP,
〃 Tacozijl	0.28 + AP,

verandert die toestand geheel en al bij sterken wind, waarvan de invloed natuurlijk des te grooter is, hoe geringer de verschillen van gewone eb en vloed zijn. Zoo stond het water bijvoorbeeld bij den Noord-Westen-storm van 2 Januarij 1855:

Te Amsterdam	2.35 + AP,	of	2.31	boven	gewonen	vloed.
〃 Elburg	2.65 + AP,	〃	2.53	〃	〃	〃
〃 Kraggenburg	2.75 + AP,	〃	2.33	〃	〃	〃
〃 Lemmer	2.44 + AP,	〃	2.12	〃	〃	〃

*) Overgenomen uit het verslag over den storm van Mei 1860, in de verhandelingen van het Instituut van Ingenieurs voor 1862—1863, bl. 21—32 en uit de Nota van den heer E. Olivier Dz. over de getijen aan de kusten der Zuiderzee, in de verhandelingen van dat Instituut over 1864—1865, bl. 51—53.

terwijl het water te gelijker tijd te Nieuwe-Diep op 2.08 + A.P. stond. Er was dus toen genoegzaam geen verschil te Amsterdam en te Lemmer, maar een vrij groot verschil in waterstand tusschen Nieuwe-Diep en Kraggenburg, in de rigting van den wind. Nog sterker was dit verschil bij den Pinkster-storm van 1860, die uit het Zuid-Westen beginnende door het Westen naar het Noord-Westen liep. Bij den Zuid-Westen-storm werd het water voor Amsterdam afgewaaid, op de kust van Friesland en Overrijssel opgewaaid, terwijl het in de zeegaten tusschen de eilanden geene groote hoogte bereikte. Men nam toen de volgende waterstanden waar: —

Te *Amsterdam.*

Den 28 Mei om 2 uur 's namiddags afgewaaid tot 0.80 — AP. of 0.84 onder gewonen vloed.

den 28 Mei om 9 uur 's avonds afgewaaid tot 2.55 — AP. of 2.59 onder gewonen vloed.

Van toen af (de wind omloopende naar het noorden) steeg het water en bereikte

Den 29 Mei om 4 uur 's morgens de hoogte van 0.75 + AP. of 0.71 boven gewonen vloed.

den 29 Mei om 8 uur 's morgens de hoogte van 1.10 + AP of 1.06 boven gewonen vloed,

langzaam dalende tot 1.00 + AP om 3 uur 's namiddags en tot 0.89 + AP, om 8 uur 's avonds.

Gedurende hetzelfde tijdvak was het aan de tegenoverliggende Overijsselsche- en Friesche kust:

Te *Dronthen.*

Den 28 Mei om 8 uur 's avonds opgewaaid tot 2.40 + A.P.

Te *Kraggenburg.*

Den 28 Mei om 6½ uur 's avonds 〃 〃 2.08 + A.P.

Te *Schokland.*

Den 28 Mei 1.98 + A.P.

Te *Blokzijl.*

Den 28 Mei 's morgens om 5 uur 0.70 + A.P.

's namiddags om 5 uur 2.40 + A.P.

Te Amsterdam was den 28 Mei het water in 7 uur tijds

1.75 meters afgewaaid of 0.25 m. per uur. Te Blokzijl was het dien dag in 12 uur tijds 1.70 m. geklommen of 0.14 m. per uur. Neemt men nu door eene ruwe berekening, bij gebrek aan juistere gegevens aan, dat het water om 5 uur te Amsterdam heeft gestaan 1.55 — A.P., dan bestond er op dat uur een verschil tusschen Amsterdam en Blokzijl van

1.55 + 2.40 = 3.95 meters,

en misschien is dat verhang later, tot 9 ure 's avonds, nog grooter geworden, indien het water te Blokzijl toen staande is gebleven.

Gelijktijdig ongeveer met den waterstand van 2.55 — A. P. te Amsterdam, was de waterstand in de Noordzee te Katwijk, door opwaaijing verhoogd tot 2.40 + A. P., en dus tot 4.95 m. boven den stand te Amsterdam.

Gelijktijdig met dezen eerst zuid-westen, toen westen, later noord-westen storm, klom het water in de zeegaten niet hoog en bereikte slechts de hoogte van:

1.02 + A.P. aan den Helder,
0.80 + volzee te Terschelling,
0.65 + volzee 〃 Vlieland,
0.69 + volzee 〃 Wieringen,
1.35 + volzee 〃 Urk;

terwijl het ook op de Noord-Hollandsche kusten geen aanmerkelijke hoogte bereikte, namelijk

1.35 + volzee te Marken,
1.20 + A. P. te Edam,
1.04 + A. P. te Hoorn.

De aangeteekende opstuwingen op de Boven-rivieren, dus buiten den invloed der opstuwing van het zeewater, worden opgegeven:

te Hulhuizen 0.13 m.
〃 Tiel geene opstuwing,
〃 Culemborg 0.28 m., misschien nog gedeeltelijk een gevolg der opstuwing uit zee,
〃 Zutphen 0.15 m.

Op de Maas in Limburg was geene opstuwing bespeurd.

Dit kan een gevolg zijn, en van het meerdere verhang op die rivier, en van de rigting, meer dwars van den wind.

Ik zou geneigd zijn uit deze feiten het gevolg te trekken, dat het verhang op groote watervlakten, als de Zuiderzee, door den wind verkregen, afhangt èn van den duur, èn van de kracht van den storm; dat het grooter zal zijn op ondiepe, dan op zeer diepe plassen, waar meer gelegenheid onder de oppervlakte tot tegenstroomingen bestaat, en dat de instroomende rivierwateren (in dit voorbeeld uit Rijnland, Amstelland, de Vecht, de Eem) bij profillen, als waardoor dan het water stroomt, geen noemenswaardigen invloed kunnen hebben. Slechts de afvoer langs IJssel en Zwartewater kan welligt eenigen invloed hebben gehad, en de hoogere standen te Kraggenburg en Dronthen verklaren. Het zijn echter slechts veronderstellingen, waarvan de juistheid of onjuistheid alleen door directe proefnemingen is uit te maken.

Buiten de polderlanden, die onder het oppervlak der zee liggen, bezit Nederland nog vele streken, die wel boven de zee, maar toch beneden de hoogere standen der hoofdrivieren liggen, waarop ze uitwateren. Al die landen hebben het grootste belang bij de kwestie van het verhang op de rivieren. Toch zijn er nog geene proeven genomen op *onregelmatige* riviervakken. Dat men den afvoer eerst bepaalt op een regelmatig riviervak, is volkomen goed gezien; maar nu moest men, dien afvoer kennende, toch ook nagaan hoe die bepaalde hoeveelheid water door een hoogst onregelmatig profil zich beweegt, dat zoowel plotselinge sterke vernaauwingen en verbreedingen, als groote diepten en ondiepten aanbiedt met of zonder groote bogten. Ook bij de Amerikaansche proeven zijn weder voornamelijk regte, regelmatige riviervakken onderzocht, en bij de proeven van DARCY en BAZIN is ook de tegenstand in onregelmatige rivierbeddingen niet onderzocht, ofschoon de gelegenheid tot het nemen van zulke proeven uitmuntend was. Zeer zeker komen in de profillen van zeer onregelmatige stroomen vele gedeelten, zoowel in de breedte als in de diepte voor, die niet eigenlijk als *stroomende* profillen beschouwd kunnen worden.

Veronderstel bijv. dat dwars door eene regelmatige regte rivier eene smalle geul van den eenen oever naar den anderen worde gebaggerd, dan zal het profil, over eene zeer geringe lengte der rivier, zeer vergroot worden, zonder dat men kan aannemen dat dit gedeelte eveneens als het bovenliggende afstroomt. Hoe langer nu die verdieping wordt in de rigting der rivierlengte, en met hoe flaauwer hellingen zij met de boven- en benedenliggende deelen der bodems is vereenigd, des te meer komt men in den toestand eener vrij regelmatige rivier, waarop de toepassing der gewone formulen bevredigende uitkomsten geeft.

Verbreedt men eveneens de rivier aan éénen of beide oevers, zoodat *over zéér geringe rivierlengte* het profil 2, 3 of meermalen vergroot wordt, dan zal men eveneens niet het geheele profil als werkelijk stroomend profil in rekening mogen brengen. Dit zal slechts het geval zijn, of bij aanzienlijke lengte van de verbreeding, of bij het langzamerhand zamenloopen der breede en smalle riviervakken.

Bij het stroomen over zulke *kolken* in den bodem en langs zulke *gaten* in de oevers, zal niet de aankleving van 't water aan den vasten oever (adhaesie), maar de zamenhang der waterdeelen onderling (cohaesie) overwonnen moeten worden, en proeven op dergelijke onregelmatige riviervakken genomen, zullen dus er toe medewerken om tot de kennis van die *cohaesie* te geraken.

Eindelijk is er nog één punt, voor Nederland van het grootste belang, en waaromtrent, voor zoo verre mij bekend is, in het buitenland nog geene waarnemingen zijn gedaan, en dat punt is:

de invloed, dien de meer of min *scheppende* vorm van de bovenmonding eener rivier, op de waterverdeeling der rivierarmen heeft. Sedert bijna eene eeuw is die invloed practisch aan de koppen van onze bovenrivieren gebleken, maar hij is nog niet theoretisch toegelicht.

Het schijnt mij, naar aanleiding van het medegedeelde, toe, dat ook in Nederland nog veel omtrent de beweging van water

in rivieren, kanalen en binnenzeeën te onderzoeken is. Vooral zal het er op aan komen:

a. De beweging van het water op onregelmatige riviervakken te bestudeeren, waardoor tevens eenig licht zal opgaan over het verschil tusschen *adhaesie* aan de wanden, en de *cohaesie* der waterdeelen onderling.

b. De beweging van het water in boezemkanalen na te gaan, vooral met het oog op de op- en afwaaijing, terwijl de over lange vakken bemuurde grachten der steden tevens de gelegenheid kunnen aanbieden, om den tegenstand van verschillende wanden te leeren kennen.

c. Den invloed van op- en afwaaijing op meeren en binnenzeeën te onderzoeken.

d. Na te gaan hoe de meer of min scheppende vorm van den bovenmond eener rivier, op den waterafvoer langs deze werkt.

Op tweederlei wijzen kan dat onderzoek plaats hebben en wel:

1°. Door het verzamelen der reeds voorhanden gegevens omtrent waterhoogten, afvoer, druk van den wind, gevallen regen, uren sluisgang en geloosde hoeveelheid water, ingelaten rivierwater tot verversching der boezemkanalen en besproeijing der landen, enz. enz. Ik ben overtuigd dat wanneer de gegevens vereenigd werden, die bij 's Rijks waterstaat, bij de provinciale besturen, bij Heemraadschappen, polderbesturen, particuliere maatschappijen, gemeenten, verder bij het meteorologisch instituut enz. thans verspreid liggen, een schat van kennis zou vergaderd kunnen worden, waarvan thans geen of althans geen voldoend gebruik wordt gemaakt.

2°. Door nieuwe proeven, die ik mij voorstel, dat als volgt konden genomen worden: —

a. Voor de beweging van het water in rivieren, zou de Neder-Rijn kunnen genomen worden, vooreerst omdat waarschijnlijk de daarop te nemen proeven, tevens op de grootere Waal en kleinere IJssel van toepassing zouden blijken te zijn, en verder omdat de afmetingen van deze, toch reeds groote rivier, evenwel zoodanig zijn, dat de waarnemingen eene groote mate van naauwkeurigheid kunnen bereiken. Op de rivier (of op Waal of IJssel, indien die mogten blijken betere proefvak-

ken op te leveren), zou een gedeelte van bijvoorbeeld 5 of 6 kilometers naauwkeurig langs beide oevers worden gewaterpast, door oeverpiketten van 100 tot 100 m. de waterstanden aangegeven, en van 500 tot 500 m. langs beide oevers peilschalen geplaatst, verbonden aan vele vaste punten, verder van de rivier verwijderd, bijv. langs de dijken. Van 100 tot 100 meters zouden dwarsprofillen over de rivier en de uiterwaarden worden genomen tot de dijken, en dan eerst op het *regelmatigste* riviervak de afvoer bij verschillende standen, bijv:

bij 1.50 meter,
〃 1.00 〃
〃 0.50 〃 *onder* middelbaren stand,
〃 middelbaren stand,
〃 0.50 meter,
〃 1.00 〃
〃 1.50 〃
〃 2.00 〃 enz., *boven* middelbaren stand bepaald worden.

De afvoer bij tusschenliggende standen zou door interpolatie kunnen bepaald worden. Natuurlijk zijn de opgegeven standen niet absoluut te volgen, maar dient men, met het oog op de localiteit, te letten op den afvoer

bij boordevolle rivier,
bij het overloopen van lage en
〃 〃 〃 〃 hoogere kaden, enz.

De afvoer en het verhang op het regelmatige riviervak zou dan met den afvoer en het verhang op het onregelmatige riviervak vergeleken, en op dit laatste de invloed van neeren, kolken, enz. nagegaan kunnen worden. Vooral moeten de peilingen telkens *herhaald* worden, daar het bed eener rivier, bij verschillende standen, geen onveranderlijke maar een vrij veranderlijke zaak is.

b. De proeven op boezemkanalen zijn gemakkelijk te nemen, de hoeveelheden uitgestroomd of ingelaten water zijn gemakkelijk te meten, de boezemkanalen moeten natuurlijk gepeild, naauwkeurige peilschalen gesteld worden, enz. Met het oog op de af- en opwaaijing schijnt het plaatsen van eenige windmeters zeer gewenscht.

c. Nog meer is dit het geval bij de waarnemingen omtrent het verhang bij verschillende winden op de Zuiderzee. Behalve de bestaande windkrachtmeters te Utrecht en den Helder, zouden er nog een paar op andere punten noodig zijn. Aan de sluis Willem III en te Urk bestaan nu reeds zelfregistreerende peilschalen, dergelijke zouden nog te Harderwijk, Kraggenburg en te Lemmer noodig zijn. Deze waarnemingen op de Zuiderzee zullen moeijelijker tot eene uitkomst leiden dan die op de rivieren of boezemkanalen, omdat al spoedig de directe waarnemingen van snelheden, enz. zullen ophouden door te holle zee. Toch geloof ik dat reeds de zelfregistreerende peilschalen en winddrukmeters, met het meten der snelheden bij matigen wind, al spoedig voldoende gegevens zullen verschaffen, om tot eene conclusie te komen over den invloed van den wind op groote watervlakten.

d. Het nemen van proeven omtrent den scheppenden vorm van een scheidingsdam, zou niet kunnen geschieden aan de koppen der rivieren; men kan niet bij wijze van proef te veel of te weinig water aan een der groote rivieren geven, daarmede zijn te groote scheepvaart- en afwateringsbelangen verbonden. Zoodanige proef ware echter daar te nemen, waar nog waarden of eilandjes in de bovenrivieren bestaan, en waar men zonder belangen te kwetsen tijdelijk eenig meerder water door den regter- of linkerarm kan laten afvloeijen.

Het komt mij voor dat dergelijke proeven, die geene zeer groote kosten vorderen, die kosten dubbel waard zijn. Nederland, dat reeds op waterloopkundig gebied op de proeven van Brunings *), Krayenhoff, Delprat, van Diesen en anderen kan wijzen, zou daardoor op nieuw de studie van die zoo belangrijke wetenschap eenige stappen vooruit brengen.

Delft, October 1869.

---

*) Waarbij echter, door een steeds te betreuren verzuim, het verhang niet is waargenomen.

ERRATUM.

Nabij het einde van de Verhandeling pag 134, reg. 19 *staat:*

Te zamen 3288 M^3.

strookende zeer goed met het gemiddelde uit de vermogens der vakken na aftrek van het 1ste en 9de.

Men leze:

Te zamen 3288 M^3.

strookende vrij goed met het gemiddelde uit de vermogens der vakken 2, 3 en 4.

INHOUD

VAN

DEEL IV. — STUK 2.



GEDRUKT BIJ DE BOEVER - KRÖBER - BAKELS.

VERSLAGEN EN MEDEDEELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

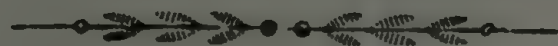
VAN

WETENSCHAPPEN.

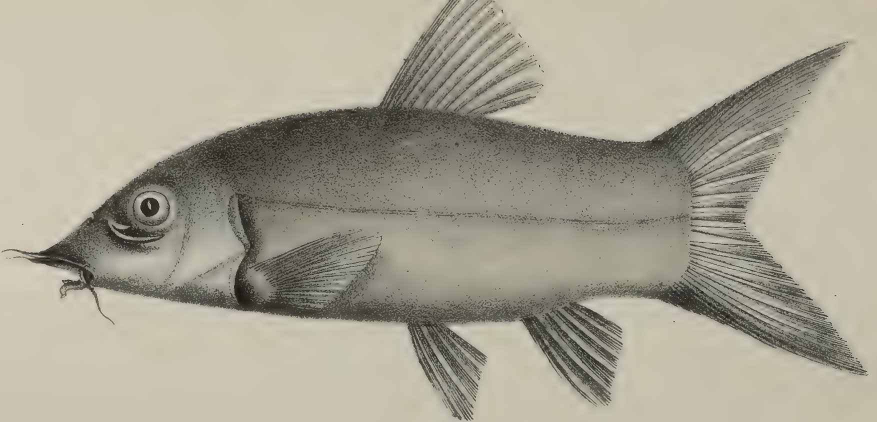
Afdeeling NATUURKUNDE.

TWEEDE REEKS.

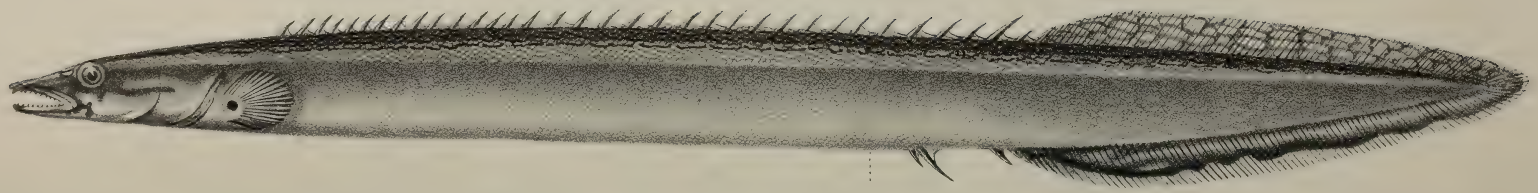
Vierde Deel. — Derde Stuk.



AMSTERDAM,
C. G. VAN DER POST.
1870.



Botia modesta, Blkr.



Rhynchobdella sinensis, Blkr.

P. Bleeker. dir.

L. Speigler, del.

DESCRIPTION ET FIGURE

D'UNE ESPÈCE INÉDITE DE

RHYNCHOBDELLA DE CHINE.

PAR

P. BLEEKER.



Rhynchobdella sinensis Blkr.

Rhynchobd. corpore elongato compresso, altitudine 13 circ. in ejus longitudine, latitudine 2 circ. in ejus altitudine; capite $7\frac{1}{4}$ circ. in longitudine corporis; altitudine capitis $2\frac{2}{3}$ circ.-, latitudine capitis $3\frac{1}{2}$ circit. in ejus longitudine; oculis diametro 8 circ. in longitudine capitis; rostro oculo plus duplo longiore apice carnoso paulo tantum ante maxillam superiorem prominente tubulis nasalibus brevibus leviter trilobo, inferne non transversim striato; maxilla superiore sub oculi margine anteriore desinente; praeoperculo obtuse rotundato anacantho (inermi); pinna dorsali spinosa spinis postrorsum longitudine sensim accrescentibus, spina penultima spinis ceteris multo longiore; spinis analibus 2 anterioribus approximatis, 2ª longe a spina 3ª distante eaque conspicue longiore; pinnis dorsali et anali radiosis cum caudali unitis; caudali incisura nulla a dorsali et anali distincta; pinnis pectoralibus obtuse rotundatis, capite plus quadruplo brevioribus; squamis capite corporeque minimis sed bene conspicuis; colore corpore superne lateribusque fuscescente-viridi; dorso fusco reticulato; capite inferne ventreque albidis; vitta oculo-caudali rubra lineae dorsali approximata eaeque parallela; pinnis flavescentibus vel aurantiacis, dorsali radiosa nigricante reticulata, anali vittis basali et intramarginali sat lata nigricante-fuscis; pectora-

libus media basi macula parva fuscescente; iride viridi margine pupillari aurea.

B. 6. D. 34/72. P. 22 ad 24. A. 3/66. C. 8.

Hab. China, in fluviis.

Longitudo speciminis descripti 199‴.

Cette espèce est voisine du Rhynchobdella maculata Rwdt (Mastacembelus maculatus CV.) par son préopercule sans armure et par ses nageoires verticales confluentes. Elle se fait reconnaître aisément par le système de coloration du corps et des nageoires, par le museau peu allongé, par le nombre des épines dorsales, etc. C'est la première espèce de la famille des Rhynchobdelloïdes qu'on vient de connaître de Chine.

MEDEDEELING

OMTRENT EENIGE

NIEUWE VISCHSOORTEN VAN CHINA.

DOOR

P. BLEEKER.



Eenigen tijd geleden ontving ik van de Administratie van Museum van Natuurlijke historie van den Jardin des Plantes eene bezending visschen van China. grootendeels gevangen in de rivier Yang-Tse-Kiang, en het daarmede in gemeenschap staande meer Po Yang, en deels afkomstig uit de rivier Kan-Kiang en uit de wateren van Ning-Po. De bezending maakt een deel uit der verzamelingen door de Heeren DABRY, EUG. SIMON en den abt DAVID voor het Museum te Parijs bestemd. Zij bestaat uit niet meer dan 42 soorten, doch is hoogst belangrijk door het betrekkelijk aanzienlijke aantal van in de wetenschap nog niet of nog zeer weinig bekende soorten van Cyprinoïden.

Het bestuur van het Museum te Parijs heeft mij een nieuw blijk van vertrouwen gegeven, door mij uit te noodigen de soorten te bepalen, en met genoegen heb ik mij van deze nieuwe opdracht gekweten, evenzeer als ik het voorrecht had zulks te kunnen doen ten aanzien van mij vroeger van wege hetzelfde Museum toegezondene verzamelingen van China en Siam en waarvan de uitkomsten zijn medegedeeld in het *Nederlandsch Tijdschrift voor de Dierkunde.*

Ik wensch thans der afdeeling slechts kortelijk mededeeling te doen van de uitkomsten van het onderzoek der gemelde bezending.

Zij bestaat uit 42 soorten, waarvan 26 behoorende tot de Cyprinen. De overige soorten zijn: Dentex taeniopterus CV., Dentex japonicus Blkr (= Dentex Blochii Blkr ol.), Corvina

amblyceps Blkr (= Pseudosciaena amblyceps Blkr ol.); Collichthys lucida Günth. (nec Sciaena lucida Rich. = Hemisciaena lucida Blkr), Scomber pneumatophorus De la Roche, Decapterus maruadsi Blkr, Caranx brevis Gthr, Enchelyopus haumela Blkr, Stromateoïdes atous Blkr, Stromateoïdes cinereus Blkr, Rhynchobdella sinensis Blkr, Cepola Krusensterni Blkr, Ophiocephalus argus Cant., Ophiocephalus striatus Bl., Arius coelatus Val. en Ilisha Schlegeli Blkr.

Eene beschrijving en afbeelding van Rhynchobdella sinensis, eene voor de wetenschap nieuwe soort en de eerste van China bekend gewordene vertegenwoordigster van de familie der Rhynchobdelloïden, heb ik der Afdeeling reeds aangeboden, voor hare *Verslagen en Mededeelingen*.

Ik kan thans uit ervaring bevestigen, wat ik vroeger reeds heb beweerd, dat de soort door den Heer GUNTHER als de Sciaena lucida Rich. beschreven, daarvan inderdaad soortelijk en zelfs generisch verschilt.

De andere soorten geven geene aanleiding tot bijzondere beschouwingen. Evenwel waren enkele tot nog toe niet als tot de chineesche fauna behoorende bekend.

De Cyprinoïeden der bezending zijn veel belangrijker. Niet minder dan 16 soorten zijn nieuw voor de wetenschap. Zij behooren deels tot nog onbekende generische typen, en hebben mij aanleiding gegeven tot het voorstellen van de nieuwe genera Pseudobrama, Luciobrama, Saurogobio, Rhinogobio en Acanthorhodeus.

De soorten zijn de volgende: Hemibarbus maculatus Blkr n. sp., Hemibarbus dissimilis n. sp., Pseudogobio rivularis Blkr, Saurogobio Dumerili Blkr n. sp., Saurogobio Dabryi Blkr n. sp., Rhinogobio typus Blkr n. sp., Carpio vulgaris Blkr, Carassius auratus Nilss., Rhodeus sinensis Gthr, Rhodeus ocellatus Gthr, Parachilognathus imberbis Blkr, Acanthorhodeus macropterus Blkr n. sp., Puntius (Barbodes) sinensis Blkr n. sp, Sarcochilichthys sinensis Blkr n. sp., Gymnostomus macrolepis Blkr n. sp., Hemiculter leucisculus Blkr, Luciobrama typus Blkr n. sp., Chanodichthys mongolicus Blkr, Culter hypselonotus Blkr, Culter oxycephalus Blkr n. sp., Culter ilishaeformis Blkr n. sp., Culter Kneri Blkr, Culter brevicauda Gthr, Parabramis pekinensis Blkr,

Parabramis bramula Blkr (= Leuciscus bramula Val.), Pseudobrama Dumerili Blkr n. sp , Xenocypris Davidi Blkr n. sp., Xenocypris microlepis Blkr n. sp., Xenocypris macrolepis Blkr n. sp., en Misgurnus dichachrous Blkr?

Alle de nieuwe of weinig bekende soorten heb ik beschreven en ze van getrouwe afbeeldingen doen vergezellen. Van deze laatste zullen de aanwezige leden der Afdeeling wel voor een oogenblik inzage willen nemen.

De beschrijvingen ben ik geneigd der Afdeeling af te staan, bijaldien er vooruitzicht bestaat dat ze binnen een niet te ruim tijdsbestek zullen kunnen worden uitgegeven. Zij zijn overigens ook bestemd opgenomen te worden in een werk over China van den Heer DABRY, welks uitgave zal plaats hebben met ondersteuning van het Fransche goevernement. Ik ben uitdrukkelijk uitgenoodigd geworden mijne beschrijvingen tot dit laatste doel af te staan en ik heb daartegen ook geene bedenkingen gehad, vrij als ik tevens was, om mijne beschrijvingen ook door een der wetenschappelijke tijdschriften tot openbare bekendheid te doen brengen.

De nieuwe geslachten Saurogobio en Rhinogobio zijn verwant aan het geslacht Pseudogobio. Saurogobio onderscheidt zich onder anderen door buitengewoon slank lichaam, plaatsing der rugvin geheel in de voorste helft des lichaams, zelfs zonder de staartvin, en eenreijige stompe keelgatstanden; Rhinogobio door sterke verlenging van den snuit, kleine onderstaande horizontale bekspleet, beschubte onderborststreek enz. De overige nieuwe geslachten zijn meer verwant aan de Acanthobramen. In Pseudobrama zijn even als in Acanthobrama de tanden eenreijig, maar het onderscheidt zich door groote schubben en korte aarsvin. Luciobrama is meer verwant aan Aspius, doch merkwaardig door zeer slank lichaam en betrekkelijk zeer langen en slanken kop, terwijl het zich ook doet onderkennen door zeer kleine schubben en eenreijige priemvormige keeltanden. Acanthorhodeus eindelijk, verwant aan Rhodeus, Achilognathus en Pseudoperilampus, is zeer merkwaardig door den sterken doorn waarmede rug- en aarsvin zijn gewapend.

DESCRIPTION

D'UNE ESPÈCE INÉDITE DE

BOTIA DE CHINE

ET FIGURES DU

BOTIA ELONGATA ET DU BOTIA MODESTA.

PAR

P. BLEEKER.

Botia elongata Blkr.

Bot. corpore elongato compresso, altitudine 6 circ. in ejus longitudine absque-, $7\frac{1}{2}$ circ. in ejus longitudine cum pinna caudali; latitudine corporis 2 circ. in ejus altitudine; capite acuto 4 fere in longitudine corporis absque-, 5 fere in longitudine corporis cum pinna caudali; altitudine capitis 2 circ.-, latitudine capitis 3 circ. in ejus longitudine; linea rostro- occipitali rostro convexa, fronte declivi-rectiuscula; oculis postice in capitis dimidio anteriore sitis, lineam rostro-frontalem non attingentibus, diametro 13 circ. in longitudine capitis, diametris 2 circ. distantibus; linea interoculari valde convexa; naribus oculo plus duplo magis quam apici rostri approximatis, posterioribus anterioribus multo majoribus valvula lata cirro brevi munita claudendis; spina suborbitali paulo ante oculum inserta valida simplice (non bifurcata) apice oculi marginem posteriorem vix superante; rostro convexo oculo plus quadruplo longiore, carnoso, ante os prominente; maxilla superiore maxilla inferiore longiore, longe ante oculum desinente; maxilla inferiore subcochleariformi acie sat

longe ante labium inferius deflexum prominente; labiis latis carnosis non lobatis; cirris 6, rostralibus 4 basi approximatis subaequalibus oculo duplo circ. longioribus, supramaxillaribus quam rostralibus plus duplo longioribus; cirris inframaxillaribus nullis; dentibus pharyngealibus uniseriatis conicis acutis vix curvatis parvis; apertura branchiali subverticali; regione praeoperculari squamis minimis multiseriatis; operculo aeque lato circ. ac alto postice acutiuscule rotundato; vesica natatoria parte anteriore globosa in cavitate ossea semiinclusa, parte posteriore rudimentaria parte anteriore multo minore; caudae parte libera altitudine $1\frac{1}{2}$ circ. in ejus longitudine; squamis minimis oculo nudo conspicuis; linea laterali rectiuscula; pinna dorsali supra pinnas ventrales incipiente et sat longe ante analem desinente, medio circ. basin pinnae caudalis inter et aperturam branchialem sita, corpore paulo altiore, sat multo altiore quam basi longa, acuta, leviter emarginata; pectoralibus acute rotundatis capite absque rostro non brevioribus, longe ante ventrales desinentibus; ventralibus acute rotundatis pectoralibus paulo brevioribus; anali dorsali multo breviore sed non humiliore, plus duplo altiore quam basi longa, acuta, non emarginata; caudali profunde excisa lobis acutis 5 circ. in longitudine totius corporis; colore corpore pinnisque roseo vel flavescente-roseo; iride aureo-viridi?; corpore fasciis 6 vel 7 transversis irregularibus fuscis, posterioribus 3 quam anterioribus multo latioribus; pinnis dorsali et anali fasciis 2 longitudinalibus fuscis, ceteris vittis 3 vel 4 transversis irregularibus fuscis.

B. 3. D. 3/8 vel 3/9. P. 2/13. V. 2/7. A. 3/5 vel 3/6. C. 1/17/1 et lat. brev.

Hab. Yang-Tse-Kiang flum. (DABRY).

Longitudo speciminis descripti 240‴.

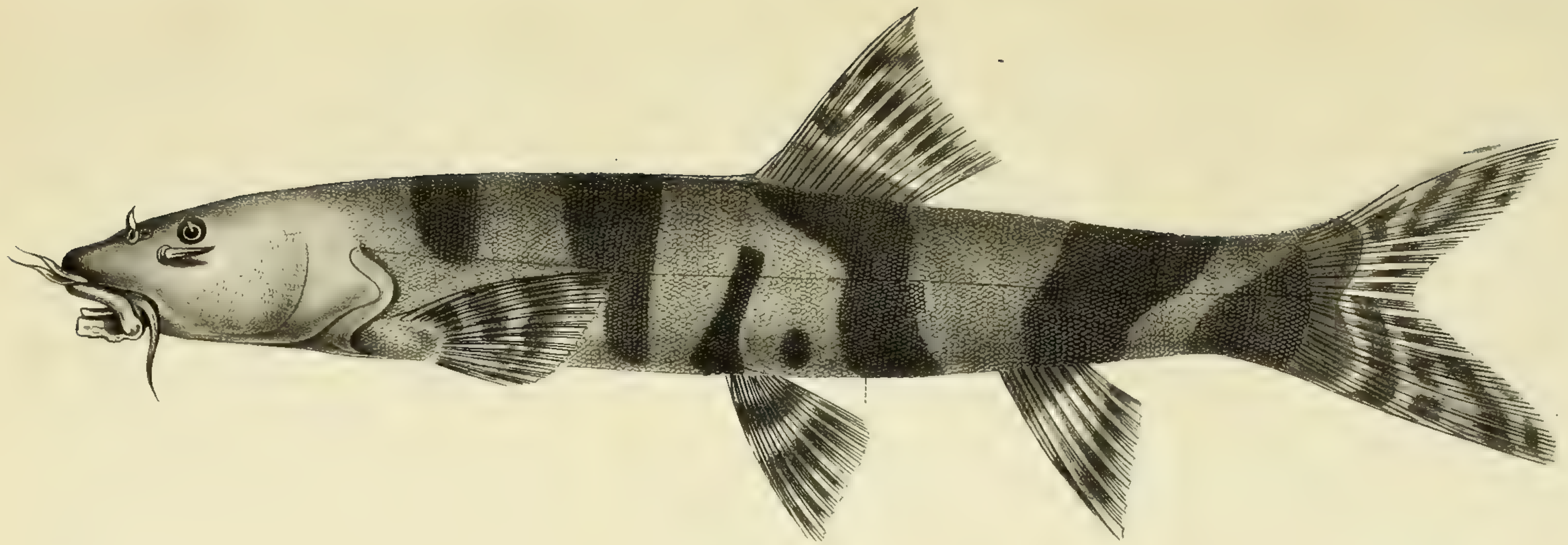
Rem. Cette espèce est éminemment reconnaissable à l'allongement extraordinaire du corps, aux larges bandes brunes et transversales du corps, et à la position des yeux dans la moitié antérieure de la tête. Elle paraît être voisine du Botia rostrata Günth., mais ce dernier a huit barbillons, le museau beaucoup plus long que la partie postrostrale de la tête, le corps moins allongé, etc.

L'espèce actuelle est remarquable aussi par l'écaillure de la

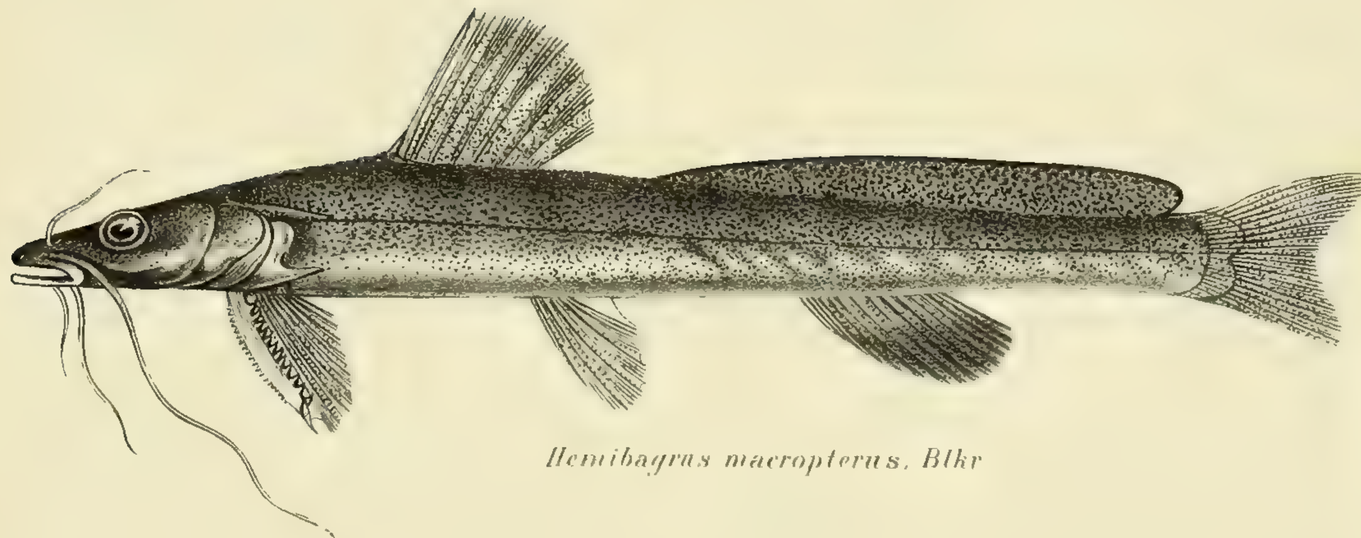
region préoperculaire, par son épine sousorbitaire simple (non bifurquée à la base) et par l'état rudimentaire de la partie postérieure ou libre de la vessie aërienne, caractères importants et qui conduiront probablement à établir une coupe générique distincte à laquelle on pourrait appliquer le nom de Leptobotia.

J'ajoute ici la figure inédite du Botia modesta, espèce de Siam, décrite déjà en 1864 (*Ned. Tijdschr. Dierk.* II. p. 11).

La Haye, Novembre 1869.



Botia elongata, Blkr



Hemibagrus macropterus, Blkr



P. Bleeker dir. J. Spengler del.

DESCRIPTION ET FIGURE

D'UNE ESPÈCE INÉDITE DE

HEMIBAGRUS DE CHINE.

PAR

P. BLEEKER.



Hemibagrus macropterus Blkr.

Hemibagr. corpore elongato, antice latiore quam alto, postice compresso, altitudine 8 circ. in ejus longitudine absque-, $9\frac{1}{4}$ ad $9\frac{1}{5}$ in ejus longitudine cum pinna caudali; capite depresso acuto $4\frac{4}{5}$ circ. in longitudine corporis absque-, $5\frac{1}{2}$ circ. in longitudine corporis cum pinna caudali; altitudine capitis $2\frac{1}{4}$ circ.-, latitudine capitis $1\frac{1}{3}$ circ. in ejus longitudine; oculis magis lateraliter quam sursum spectantibus, diametro $4\frac{2}{3}$ circ. in longitudine capitis, diametro 1 circ. distantibus; scuto capitis rugosulo nec granoso, sulco longitudinali basin cristae interparietalis attingente diviso; crista interparietali oculo breviore, laevi, trigona, longiore quam basi lata; rostro depresso acuto oculo non multo longiore, linea anteriore obtuse truncato-rotundato; naribus anterioribus tantum tubulatis, posterioribus oculi diametro 1 circ. ante orbitam perforatis minus oculi diametri $\frac{1}{3}$ a naribus anterioribus remotis: dentibus multiseriatis parvis aequalibus, intermaxillaribus in vittam parum curvatam quintuplo circ. longiorem quam latam, inframaxillaribus et vomero-palatinis in vittam formam ferri equini referentem dispositis; cirris nasalibus oculi marginem posteriorem attingentibus, supramaxillaribus apicem pectoralis superantibus, inframaxillaribus rictui approximatis externis quam internis multo longioribus basin pectoralis attingentibus; ore antico; operculo

et osse suprascapulari laevibus; osse scapulari acuto rugoso; axilla poro mucoso valde conspicuo celluloso; linea laterali antice declivi leviter ramosa porro recta simplice; pinna dorsali radiosa corpore paulo altiore, altiore quam basi longa, obtusa, convexa radiis productis nullis, spina gracili capite duplo circ. breviore antice lateribusque laevi postice dentibus parvis scabra; dorsali adiposa quam dorsali radiosa plus quadruplo longiore, octuplo circit. longiore quam postice alta, basin pinnae caudalis fere attingente, margine superiore obliquo convexiusculo; pectoralibus acutis $1\frac{1}{4}$ ad $1\frac{1}{5}$ in longitudine capitis, spina lata compressa spina dorsali longiore lateribus rugosa, antice dentibus parvis postice dentibus magnis serrata; ventralibus mox post dorsalem radiosam insertis, obtuse rotundatis, capite duplo fere brevioribus; anali corpore humiliore obtusa rotundata longiore quam alta dorsali adiposa triplo circiter breviore: caudali sat profunde incisa lobis acutiusculis superiore quam inferiore longiore 7 circ. in longitudine totius corporis; colore corpore superne olivaceo, inferne albido; iride viridi; pinnis adiposa viridescente margine superiore fusca, dorsali radiosa et caudali radiis aurantiacis membrana hyalinis, pectoralibus et ventralibus aurantiacis, anali dimidio basali aurantiaca dimidio libero fusca.

B. 9. D. 1/7. P. 1/9. V. 1/5. A. 5/10. C. 1/15/1 et lat. brev.

Hab. Yang-tse-kiang flum. (DABRY).

Longitudo speciminis descripti 175‴.

Rem. Cette espèce se fait distinguer du premier coup-d'oeil de ses congénères par son adipeuse qui est plus de quatre fois plus longue que la dorsale antérieure. Elle est remarquable aussi par l'allongement du corps, par la faiblesse de l'épine dorsale, par la brièveté de la caudale et de l'os interépineux, par la forme arrondie de la première dorsale, etc. C'est la première espèce de Hemibagrus qu'on vient de connaître de Chine.

La Haye, Novembre 1869.

ONDERSTELLING

OMTRENT DE

LICHTKROON BIJ TOTALE ZONEKLIPSEN.

DOOR

J. A. C. OUDEMANS.

Medegedeeld in de Gew. Verg. van 29 Jan. 1870.

Zoo even ontvang ik N°. 1776 der *Astr. Nachrichten* van 15 October j.l., waar de Amerikaansche Sterrekundige GOULD, in een opstel over de totale zoneklips van 7 Augustus l.l. zegt :

„Van de lichtkroon nam ik eenige haastig uitgevoerde metingen, zoowel met als zonder den kijker.

„Haar voorkomen veranderde aanhoudend, en ik verkreeg teekeningen voor drie tijdstippen met tusschenruimten van eene minuut. Zij had eene zeer onregelmatige gedaante en vertoonde geen verband met de protuberances van de zon, of met de plaats der maan. Integendeel waren er vele verschijnselen die bijna tot het geloof zouden leiden dat zij eerder een atmospherisch dan een cosmisch verschijnsel was. Een der stralen was minstens 30′ lang.”

Deze zinsnede bracht mij er toe, eene zeer eenvoudige onderstelling, betreffende de natuur der lichtkroon, die zich kort na de waarneming der totale eklips van 18 Augustus 1868 aan mij opdrong, op schrift te stellen en aan mijne medeleden in de Nat. Afdeeling der Kon. Akademie ter toetsing en beoordeeling mede te deelen.

Ik geloof, en als ik wèl heb wordt deze meening door alle sterrekundigen gedeeld, dat een gedeelte van het lichtverschijnsel, dat wij lichtkroon noemen, aan een' dampkring der zon

behoort, die een zwak lichtterugkaatsend vermogen heeft, of wel zelf lichtend is. Maar de stralen in die lichtkroon, wier veranderlijkheid nu weder op nieuw bevestigd wordt, zijn noodwendig een optisch verschijnsel. Zij ontstaan mijns inziens door de oneffenheden op de oppervlakte der maan; strijkt het zonlicht ergens aan den maansrand langs een *dal*, dan zal er van ons standpunt een *straal* waargenomen worden, mits er tusschen de maan en ons deeltjes zweven die het zonlicht kunnen terugkaatsen, of als halfdoorschijnende lichaampjes kunnen doorlaten. Aan diffractie behoeft hier nog niet eens gedacht te worden.

Om die deeltjes in den dampkring te zoeken, zooals GOULD doet, gaat mijns inziens niet aan, daar de lichtkroon en de stralen ook gene zijn bij eklipsen, waarvan de schaduwkegel tot zelfs eene breedte van 36 duitsche mijlen had. De deeltjes van den dampkring, die wij op zijde der verduisterde zon zien, zijn geheel binnen den schaduwkegel gelegen.

Zij moeten blijkbaar ver buiten den dampkring, tusschen de maan en de aarde, gezocht worden, en ik geloof dat zij gerust voor identiek gehouden mogen worden met die deeltjes, die in den ether zweven, en onder andere omstandighedeu zodiakaallicht teweegbrengen.

Dat het zodiakaallicht, of liever de stofdeeltjes die het veroorzaken, tot de loopbaan der aarde reiken, is voor de meeste maanden van het jaar aan geen' twijfel onderworpen, daar de top van het zodiakaallicht meestal veel verder dan 90° van de zon verwijderd is. Slechts in Maart en April laat zich het zodiakaallicht zoo ver niet vervolgen. (SCHMIDT, *Das Zodiacallicht,* Braunschweig, 1856). Maar alsdan maakt, aan die deeltjes die aan den top van het zodiakaallicht gelegen zijn, de zonnestraal met de lijn die naar de aarde gaat, een' hoek van 90°, en de omstandigheden zijn dan niet gunstig voor kleine en ijl verspreide deeltjes, om veel zonlicht in de richting der aarde terug te kaatsen. Het is dus waarschijnlijk dat die deeltjes zich ook in Maart en April wel verder van de zon zouden vertoonen, als de verlichting sterker was. Bij eene totale zoneklips is die hoek, voor een deeltje dat 30′ van den maansrand gezien wordt, $179\frac{1}{4}°$, voor de deeltjes vlak bij den maansrand $179\frac{3}{4}°$, en het is een erkend feit, dat onder die omstandighe-

den, veel meer licht wordt teruggekaatst, dan wanneer die hoek slechts 90° bedraagt. Ook het *doorgelaten* licht vermeerdert de intensiteit van den naar den toeschouwer geworpenen straal.

SCHMIDT vermeldt in zijn boven aangehaald werkje, dat hij met andere waarnemers gedurende de totale zoneklips van 28 Juli 1851 naar het zodiakaallicht heeft uitgekeken, maar te vergeefs. Hij achtte het niet donker genoeg, en zegt nog enkel het volgende: „Das Ansehen der den schwarzen Mond umgebenden vielstrahligen Corona war im Ganzen betrachtet nicht gerade geeignet sie *sogleich* in Beziehung zum Zodiacallichte zu denken."

Het schijnt dus dat de *stralen* SCHMIDT deden besluiten „dit is geen zodiakaallicht;" is mijne verklaring de ware, en wil men den dampkring der zon zonder grens aannemen, maar langzamerhand in den ether overgaande, dan valt het gelijkmatig de maan omringende licht der lichtkroon volkomen in dezelfde categorie als de stralen, alleen is het afkomstig van de lichtterugkaatsende deeltjes aan gene zijde der maan. Onze onderstelling wordt dus met korte woorden uitgedrukt:

De lichtkroon bij totale zoneklipsen, zoowel als hare stralen, heeft denzelfden oorsprong als het zodiakaallicht.

Ik stip ten slotte nog aan, dat zoowel de vreemdsoortig gebogene vorm van sommige stralen als ook hunne veranderlijkheid volgens deze onderstelling zeer goed verklaard kunnen worden. De gebogene vorm, door de onregelmatigheid der maansoppervlakte. Ik neem bijv. een lichtdeeltje uit een' straal der lichtkroon; ik verplaats mij in het stofdeeltje dat, volgens mijne onderstelling, met dat lichtdeeltje overeenstemt, en tusschen de maan en mijn oog gelegen is. Dan moet ik, uit dat standpunt naar de maan ziende, ergens aan den maansrand het zonlicht over een dal zien strijken; maar verwijder ik mij nu zijdelings, d.i. in de richting evenwijdig aan den maansstraal die met dat dal overeenstemt, dan is het niet gezegd dat ik, verder gekomen, nog op datzelfde punt bijzonder veel licht zal zien, want dan kan weder een bergrug op de maan daarvoor in den weg gekomen zijn; het is echter zeer goed denkbaar, dat als ik mij in eene richting beweeg loodrecht op de vorige (en altijd ook loodrecht op de richting naar den waarnemer), dat ik

dan in een punt kom waar die bergrug niet hindert, maar daarnevens het vervolg van het dal te zien is, waar weder het zonlicht over heen strijkt. In dat geval heeft de straal der lichtkroon — d. i. het lichteffekt — teweeggebracht door deeltjes, die meer licht ontvangen dan andere op gelijken afstand van het oppervlak van den kegel gelegen, die het oog tot top heeft en de maan omhult, — een gebogen' vorm.

De veranderlijkheid vindt, dunkt mij, genoegzaam hare verklaring in de beweging der maan voorbij de zon.

Deze onderstelling drong zich het eerst bij mij op, toen ik te Toli-toli de maan achter een' begroeiden heuvel zag opkomen. Vóórdat zij te voorschijn kwam, scheen haar licht tusschen het geboomte, en verwekte in eene nevelachtige lucht aan mijne zijde van den heuvel, stralen die veel overeenkomst hadden met die, welke de lichtkroon bij totale zoneklipsen aanbiedt.

Ik weet niet of het reeds gelukt is het zodiakaallicht spectroscopisch te onderzoeken, zoo ja, dan zal de vergelijking der spectra van het zodiakaallicht en van de lichtkroon kunnen dienen mijne onderstelling te toetsen.

Eene tweede toets is deze, dat totale zoneklipsen, waargenomen in December en Januari, minder heldere stralen der lichtkroon moeten vertoonen dan totale zoneklipsen, in andere maanden waargenomen, daar in die maanden de aarde zich in de richting van het perihelium van den omtrek van het zodiakaallicht bevindt.

De aanstaande totale eklips zal daaromtrent eenig uitsluitsel kunnen geven.

OVER DEN
OORSPRONG EN DE VERDERE ONTWIKKELING
VAN DEN
PERIPHYLLUS TESTUDO v. D. H.

DOOR

C. RITSEMA, Cz.

Medegedeeld door den Heer J. A. HERKLOTS, in de Gew. Verg. van 29 Jan. 1870.



Iu het zesde deel (Jaargang 1863) van het *Nederlandsch Tijdschrift voor Entomologie*, vestigde de Hoogleeraar JAN VAN DER HOEVEN de aandacht op een klein Hemipterum, dat menigvuldig op de bladen van den Acer campestris en Acer Pseudoplatanus voorkomt, en noemde het Periphyllus Testudo.

Het was in 1852 opgemerkt door J. THORNTON, die er den naam van Phyllophorus testudinatus aan gaf, en het beschouwde als de pop van eene nieuwe soort van Aphide, waarvoor waarschijnlijk zelfs een nieuw geslacht zou moeten worden opgerigt *). Later (1858) spreekt LANE CLARKE van hetzelfde diertje onder den naam van Chelymorpha phyllophora, en houdt het voor de pop van een' vorm, die tusschen de geslachten Aphis en Coccus te huis behoort †). Beide schrijvers doen er echter slechts eene korte mededeeling van. Uitvoeriger werd het daarna

*) Zie: *Transactions of the Entomolcgical Society*. 1852, new series. vol II. Proceedings p. 78.

†) Zie: *Objects for the Microscope, being a popular description of the most instructive and beautiful subjects for exhibition*, by L. LANE CLARKE. London. 1858, van welk werkje in 1863 eene tweede uitgave verscheuen is.

t. a. pl. door VAN DER HOEVEN als Periphyllus Testudo *) beschreven en ook afgebeeld. Deze dierkundige was van meening, dat het tot de Hemiptera Homoptera behoorde, doch durfde niet beslissen of het tot de Aphiden dan wel tot de Coccinen gerekend moest worden, hoewel het, zijns inziens, toch kwalijk met de eersten te vereenigen was.

Eerst in 1867 werd er iets omtrent de herkomst van dit fraaije diertje aan het licht gebragt, doordien de H.H. BALBIANI en SIGNORET bij de Fransche Academie van Wetenschappen eenige mededeelingen daaromtrent indienden, die als: „Note sur le développement du Puceron brun de l'Érable," onder de rubriek Physiologie Comparée, in de *Comptes Rendus* van 17 Junij van genoemd jaar zijn opgenomen †). Als resultaat van hun onderzoek deelen zij daarin mede, dat de Periphyllus Testudo v. D. H., verre van eene nieuwe soort, veel minder nog een nieuw geslacht te vormen, niets anders is dan een abnormale, onvruchtbare vorm van den Aphis Aceris L, welke vorm geboren wordt uit individuën, identiek met die, waaruit normale, voor verdere ontwikkeling en voortplanting vatbare larven ontstaan, ja dat zij soms zelfs waarnamen, dat dezelfde moeder beide vormen voortbragt.

Volgens hen kan men de Periphylli slechts beschouwen als

---

*) Als reden voor het verwerpen der geslachtsnamen, die door THORNTON en LANE CLARKE waren uitgedacht, geeft VAN DER HOEVEN op, dat beiden reeds als zoodanig gebezigd waren, en wel Phyllophora voor een geslacht der Crustacea, Coleoptera, Orthoptera en Diptera, terwijl reeds in 1834 door CHEVROLAT een geslacht Chelymorpha in de orde der Coleoptera was opgerigt. — Waarom VAN DER HOEVEN echter den soortsnaam testudinatus, door THORNTON aan dit diertje gegeven, in Testudo veranderde, is mij niet duidelijk, en ik geloof zelfs dat hiervoor geene reden bestond. Daar men hier evenwel, zooals blijken zal, een' larvenvorm van een reeds lang bekend en beschreven insekt afzonderlijk benoemd heeft, en deze naam dus toch vervallen moet, heb ik gemeend beter te doen, ditmaal van eene strenge handhaving van het prioriteitsregt af te zien, en in dit opstel den door VAN DER HOEVEN voorgestelden naam te bezigen, dan het getal der synonymen nog te vergrooten.

†) Dit opstel komt in het Engelsch vertaald voor in: *the Annals and Magazine of Natural History*. 3rd series. 1867, vol. XX, p. 149—152, en is hieruit onveranderd, doch met bijvoeging van eene afbeelding van den Periphyllus Testudo, overgenomen in HARDWICKE's *Science-Gossip* van September van datzelfde jaar.

eene, door de normale generaties voortgebragte, constante wijziging van het soortstype.

Met het oog op de waarnemingen van LANDOIS, aangaande de wet der sexueele ontwikkeling van de insekten *), welke wet ons leert dat hier de sexen eenvoudig afhangen van de voedingsvoorwaarden waaraan de larven onderworpen zijn, wijzen zij er ten slotte op, dat men, hoewel de meermalen genoemde abnormale bladluizen (de Periphylli) het vermogen van zich, hetzij door sexueele voortplanting, hetzij op eenige andere wijze, te vermenigvuldigen, volkomen missen, nog niet mag besluiten, dat hare voedingsvoorwaarden later niet zoo gewijzigd kunnen worden, dat zij met de sexueele eigenschappen het vermogen verkrijgen, zich regtstreeks onbeperkt voort te planten, zoodat deze abnormale individuën dan op hunne beurt de oorsprong zullen worden van eene nieuwe soort, die dan door afwijking van een soorts-type ontstaan is.

In het voorjaar van 1868 had ik, nog onbekend met het zoo even medegedeelde onderzoek, eenige vlugtige nasporingen betreffende hetzelfde onderwerp in het werk gesteld. Het resultaat van deze onderzoekingen, in 1869 herhaald en aangevuld, zal ik in de volgende regels meêdeelen.

Reeds in de eerste dagen van Februarij bemerkte ik op een boompje van den Acer Pseudoplatanus L., jonge larven van eene bladluissoort, en bij nadere beschouwing van een takje, op de schors, vooral in den oksel en aan den voet der knoppen, ook de glinsterende, zwarte, ovale eitjes, waaruit zij voortkwamen.

Deze larven waren ongeveer 0,5 mm. lang, en van eene donkergroene, ja bijna zwarte kleur. Na vijfmaal verveld te zijn, waren zij in de laatste dagen van Maart tot ongevleugelde, bijna 3 mm. lange, sterk opgezwollene, donker-groen of bruingekleurde voedsters (ammen genoemd) ontwikkeld, die zich spoedig begonnen voort te planten door lichtgroene larven, welke zelve in de laatste helft van April, na slechts viermaal van huid verwisseld te hebben, haren volwassen toestand bereikten. In dezen toestand waren sommigen gevleugeld, anderen vleugelloos.

---

*) Zie: *Comptes Rendus de la séance de l'Académie des Sciences* du 4me Février, 1867.

Reeds met de eerste generatie had ik de soort, met behulp van WALKER's „Descriptions of Aphides," voorkomende in *the Annals and Magazine of Natural History*, second series, vol. I en volg., als Aphis Aceris L. bestemd, hetgeen bevestigd werd, door de gevleugelde exemplaren der tweede generatie met KALTENBACH's en KOCH's beschrijving dezer soort te vergelijken.

Nadat de voedsters der tweede generatie vele jongen hadden voortgebragt, die geheel overeenkwamen met den eersten leeftijd hunner moeders, zag ik, in overeenstemming met BALBIANI's bevindingen, individuën geboren worden, die ik dadelijk als den Periphyllus Testudo herkende. De gewone larven ontwikkelden zich verder, en waren tegen het midden van Mei gevleugelde en ongevleugelde voedsters geworden, terwijl de Periphylli onveranderd gebleven waren.

De derde generatie bragt op hare beurt weder eerst gewone larven voort, en daarna Periphylli, de laatsten evenwel in grooter aantal, dan de tweede generatie had voortgebragt. Ik werd nu echter zeer verrast, door het vinden onder deze larven van exemplaren, die duidelijk den overgang uitmaakten tusschen de beide larvenvormen, de gewone en de Periphylli, doordien bij hen de bladvormige aanhangsels minder in aantal en meer smal lancetvormig waren, ja bij sommigen trapsgewijs in haren overgingen. Al deze overgangsvormen misten de regelmatige figuren, die op den rug der Periphylli voorkomen, maar bezaten de twee rijen knobbels met borstelharen en de beide honigbuisjes, die men op de rugzijde der gewone larven aantreft, maar die bij de Periphylli ontbreken. Deze individuën ontwikkelden zich verder, en waren na de eerste vervelling geheel aan de gewone larven gelijk.

De leden dezer vierde generatie, de Periphylli uitgezonderd, waren in de laatste dagen van Mei volwassen voedsters geworden, en begonnen zich als zoodanig voort te planten, maar niet, zooals die der beide voorgaande generaties, eerst door gewone larven en vervolgens door Periphylli, maar omgekeerd, eerst door eene menigte Periphylli, daarna door eenige overgangsvormen, en ten laatste door een betrekkelijk gering aantal gewone larven.

Deze larven stierven echter door een verzuim van mijn kant, waardoor het mij niet gelukte zekerheid te verkrijgen omtrent

de bij mij opgekomen gissing, nl. dat de voedsters van deze vijfde generatie zich alleen door Periphylli zouden voortplanten.

Intusschen verzuimde ik niet, de Periphylli van de verschillende generaties naauwkeurig te blijven gadeslaan.

Tot de laatste dagen van Augustus kon ik evenwel niet de minste verandering bij hen waarnemen. Toen echter werd hun ligchaam dikker, en begon ter weêrszijde van den rug een donkere ligchaamsinhoud door te schemeren. Hierop trof ik in de eerste dagen van September vervellende Periphylli aan.

Na deze eerste vervelling kwamen zij reeds geheel met den tweeden leeftijd der gewone larven overeen, terwijl zij nog geen veertien dagen later hun volkomen toestand bereikt hadden, waarin allen vleugelloos waren. Deze voedsters begonnen zich dadelijk voort te planten door lichtgele gewone larven, die zelve in het laatst van September voor het laatst vervelden, en evenals hare moeders vleugelloos bleven. De larven die uit deze voedsters geboren werden, kwamen ten naastenbij met die der vorige generatie overeen, en ontwikkelden zich reeds vóór het midden van October tot gevleugelde mannelijke en ongevleugelde vrouwelijke imagines, die spoedig met elkander paarden, waarna de wijfjes ongeveer acht bruingele eitjes aan de schors van het eschdoornboompje vastplakten. Deze eitjes werden langzamerhand zwart, en zullen in het begin van Februarij 1870 weder de eerste generatie van den Aphis Aceris L. opleveren.

Aan het einde van mijn opstel gekomen, wil ik nog kortelijk de resultaten nagaan, waartoe het hierboven medegedeelde onderzoek heeft geleid.

In de eerste plaats dan is geconstateerd, dat de Periphyllus Testudo v. d. H. niet eene afzonderlijke diersoort is, maar een eigenaardige, zich in den eersten leeftijd bevindende larvenvorm van den Aphis Aceris L.

Ten tweede: dat deze larvenvorm niet, zooals men tot nu toe meende, voor verdere ontwikkeling onvatbaar is, maar dat hij in zijn eersten leeftijd slechts aan een' langdurigen stilstand in ontwikkeling is onderworpen, waardoor de vermenigvuldiging van genoemde bladluissoort zeer beperkt wordt.

Ten derde: dat hij wordt voortgebragt alleen door die gene-

raties, waarin zoowel gevleugelde als ongevleugelde individuën voorkomen.

Ten vierde: dat hij zoowel uit de gevleugelde als uit de ongevleugelde voedsters geboren wordt, in vereeniging met den gewonen zich snel ontwikkelenden larvenvorm der bladluizen, en individuën die den overgang daartoe daarstellen, en ten vijfde: dat bij de elkander opvolgende generaties de Periphylli steeds in aantal toenemen, terwijl het getal der gewone larven geringer wordt, en wel zoo, dat de vierde generatie (d.i. de derde waaruit Periphylli geboren worden) nog slechts enkele gewone larven voortbrengt. Hieruit meen ik te mogen opmaken, dat uit de bij mij tot mijn spijt gestorven vijfde generatie niets dan Periphylli ontstaan. Blijkt dit werkelijk het geval te zijn, dan wordt vooral daardoor eene sterke vermenigvuldiging van deze soort gedurende den zomer verhinderd.

NOUVEL

ARRANGEMENT MÉTHODIQUE DES ROCHES.

PAR

M. STANISLAS MEUNIER,

DOCTEUR ÈS SCIENCES,

Aide Naturaliste de Géologie au Muséum d'Histoire Naturelle à Paris.



L'Académie royale a reçu communication, dans sa Séance du 30 Octobre dernier, d'un mémoire de M. VOGELSANG sur la nomenclature et la classification des roches. Étant moi-même arrivé a des résultats du genre de ceux que M. VOGELSANG a publiés, je demande la permission de faire connaître le nouvel arrangement méthodique des roches auquel je donne la préférence sur tous les systèmes plus anciens. Je dirai de suite que mon travail a reçu un accueil favorable de plusieurs savants bien connus auxquels je l'ai communiqué.

Ce que mon système présente de particulier, c'est la rigueur avec laquelle le principe de la subordination des caractères y est appliqué.

Il n'était possible de le faire qu'en mettant absolument de côté, comme le veut du reste M. VOGELSANG lors de la caractéristique des roches, toutes les considérations géologiques, pour se renfermer exclusivement dans le domaine de la lithologie pure.

Nous repartissons d'abord les roches dans de grandes *Divisions* d'après le nombre de leurs éléments constituants. Nous avons ainsi les roches unitaires, les roches binaires et les roches ternaires, car on verra qu'à l'exception de quelques roches clastiques, toutes peuvent se ranger dans ces trois divisions.

Chaque division comprend des *groupes* exclusivement caractérisés par la composition minéralogique. C'est ainsi que toutes les roches formées essentiellement de feldspath et de mica sont réunies dans le même groupe.

S'il se trouve que ces minéraux essentiels peuvent subir des variations dans leur composition, à chacune d'elles correspond un *sous-groupe*. Ainsi, les roches qui nous occupent se repartissent en trois sous-groupes: le premier comprend les roches formées d'orthose et de mica ordinaire (gneiss, leptynolithes); le second les roches formées d'orthose et de mica brun (minette, keralithe); le dernier enfin les roches formées de mica ordinaire et d'oligoklase (kersaton).

C'est d'après la structure que les groupes (ou les sous-groupes, quand il y en a) se divisent en *types*. Ainsi, le groupe des roches essentiellement formées par le mélange du quartz avec le feldspath comprend des masses se rapportant à sept structures principales: nous en faisons sept types distincts. Ce sont ceux qui correspondent aux roches 1°. grenues (granulite), 2°. graphiques (pegmatite), 3°. porphyroïdes (porphyre feldspathique quartzifère), 4°. granitoïdes (idem), 5°. schistoïdes (idem), 6°. globulaires (pyromeride) et 7°. grèsiforme (arkose).

Maintenant chacun de ces types admet des variétés dûes exclusivement à la présence de minéraux accidentels, et l'on ne voit d'indétermination possible que dans le cas ou plusieurs de ces minéraux se présenteraient à la fois. Dans ce cas la roche pourrait au même titre être considerée comme appartenant à plusiers variétés, mais celles-ci étant toutes comprises dans le même type, le vague ne serait pas très grand.

Il est bien entendu que pas une seule des divisions et des subdivisions qui viennent d'être indiquées, n'a de valeur absolue. L'arbitraire intervient à chaque instant dans notre système comme dans ceux qui l'ont précédé, mais nous croyons avoir fait un progrès en formulant à l'avance les limites dans lesquelles cet arbitraire pourra s'étendre de façon *qu'a priori*, en voyant une roche on peut savoir à quelle sorte de division correspond tel ou tel caractère en particulier. Les leçons que nous avons été chargé tout récemment de professer au Muséum d'histoire naturelle de Paris devant les Elèves d'agronomie, nous ont permis d'ap-

préciser la valeur pratique de l'arrangement que nous proposons et dont voici le résumé très sommaire.

PREMIÈRE DIVISION.

ROCHES UNITAIRES

(formées d'un minéral essentiel unique).

Ire Série. — CARBONE OU CARBURES.

1^r groupe. — Roches essentiellement formées de *graphite*.

1^r type. — *Graphite* compacte.

2e 〃 — 〃 cristallin.

2e groupe. — Roches essentiellement formées par des *hydrogènes carbonés*.

type unique : *Pétrole*.

3e groupe. — Roches essentiellement formées par une *combinaison du carbone avec l'hydrogène et l'oxygène*.

1^r type. — *Asphalte*.

2e 〃 — *Pisasphalte*.

4e groupe. — Roches essentiellement formées par une *combinaison du carbone avec l'hydrogène, l'oxygène et l'azote*.

1^r Sous-groupe. — *Anthracite*.

1^r type. — A. schistoïde.

2e 〃 — 〃 compacte.

3e 〃 — 〃 terreuse.

2e Sous-groupe. — *Houille*.

1^r type. — H. schistoïde.

2e 〃 — 〃 compacte.

3e 〃 — 〃 clastique (Grobkohle).

3e Sous-groupe. — *Lignite*.

1^r type. — L. compacte.

2e 〃 — 〃 schistoïde.

3e 〃 — 〃 xyloïde.

4e 〃 — 〃 terreux.

4e Sous-groupe. — *Tourbe*.

1^r type. — T. compacte.

2e 〃 — 〃 fibreuse.

IIe Série. — SOUFRE ET SULFURES.

5e groupe. — Roches essentiellement formées de *soufre*.

1^r type. — Soufre compacte.

2e type. — Soufre grenu.
3e 〃 — 〃 tufacé.
6e groupe. — Roches essentiellement formées de *sulfure de plomb.*
type unique : *Galène* cristalline.
7e groupe. — Roches essentiellement formées de *sulfure de zinc.*
type unique : *Blende* cristalline.
8e groupe. — Roches essentiellement formées de *sulfure de fer.*
1r Sous-groupe. — *Pyrite.*
1r type. — P. compacte.
2e 〃 — 〃 rayonnée.
2e Sous-groupe. — *Pyrrhotine.*
type unique : P. compacte.
9e groupe. — Roches essentiellement formées de *sulfure de cuivre et de fer.*
type unique : *Chalkopyrite* compacte.
IIIe Série. — Oxydes.
10e groupe. — Roches essentiellement formées *d'oxyde anhydre de fer.*
1r Sous-groupe. — *Magnétite.*
1r type. — M. granulaire.
2e 〃 — 〃 compacte.
3e 〃 — 〃 terreuse.
2e Sous-groupe. — *Oligiste.*
1r type. — O. cristallin.
2e 〃 — 〃 fibreux.
3e 〃 — 〃 compacte.
4e 〃 — 〃 terreux.
5e 〃 — 〃 oolithique.
11e groupe. — Roches essentiellement formées *d'oxyde hydraté de fer.*
1r type. — *Limonite* compacte.
2e 〃 — 〃 globaire.
3e 〃 — 〃 terreuse.
12e groupe. — Roches essentiellement formées *d'oxyde anhydre de manganèse.*
1r type. — *Pyrolusite* compacte.
2e 〃 — 〃 terreuse.

13e groupe. — Roches essentiellement formées *d'oxyde hydraté de manganèse.*

1r type. — *Acerdèse* compacte.
2e 〃 — 〃 terreuse.

14e groupe. — Roches essentiellement formées *d'oxyde anhydre de silicium ou silice.*

1r type. — *Quartz* cristallin.
2e 〃 — 〃 compacte (silex etc.)
3e 〃 — 〃 brèchiforme.
4e 〃 — 〃 agrégé — granulaire } grès et quartzites.
5e 〃 — 〃 agrégé schistoïde }

15e groupe. — Roches essentiellement formées *d'oxyde hydraté de silicium.*

1r type. — *Opale* compacte.
2e 〃 — *Geysérite* tufacé.
3e 〃 — *Tripoli* zoogène.
4e 〃 — *Gaise* terreuse.

16e groupe. — Roches essentiellement formées *d'oxyde hydraté d'aluminium* ou *alumine hydratée.*

1r type. — *Bauxite* compacte.
2e 〃 — 〃 oolithique,

IVe Série. — Chlorures.

17e groupe. — Roches essentiellement formées de *chlorure de sodium.*

1r type. — *Sel gemme* saccharoïde.
2e 〃 — 〃 fibreux.
3e 〃 — 〃 compacte.

18e groupe. — Roches essentiellement formées de *chlorure de potassium et de magnésium.*

type unique: *Carnallite* cristalline.

Ve Série. — Fluorures.

19e groupe. — Roches essentiellement formées de *fluorure de calcium.*

type unique: *Fluorine* cristalline.

VIe Série. — Silicates.

20e groupe. — Roches essentiellement formées de *silicate d'alumine et de protoxyde.*

1r Sous-groupe. — *Grenatite.*

1r type. — *Grenatite* compacte.
2e " — " grenue.
2e Sous-groupe. — *Epidotite.*
1r type. — E. compacte.
2e " — " grenue.
3e Sous-groupe. — *Orthose.*
1r type. — O. massif (eurite, petrosilex).
2e " — " porphyroïde (porphyrite, argilophyre).
3e " — " noduleux (stigmite).
4e " — " grenu (leptynite).
5e " — " poreux (trachyte).
6e " — " ponceux (ponce, pumite).
7e " — " terreux (domite).
8e " — " subvitreux (rétinite).
9e " — " vitreux (obsidienne).
4e Sous-groupe. — *Labrador.*
1r type. — L. grenu (labradorite, hormophanite).
2e " — " compacte (saussurite).
3e " — " scoriacé (tephrine en partie).

21e groupe. — Roches essentiellement formées de *silicate hydraté d'alumine et de protoxyde.*
1r Sous-groupe. — *Chamoisite.*
1r type. — C. compacte.
2e " — " oolithique.
2e Sous-groupe. — *Glauconite.*
1r type. — G. compacte.
2e " — " oolithique.

22e groupe. — Roches essentiellement formées de *fluosilicate d'alumine et de protoxyde.*
type unique : *Mica* schistoïde.

23e groupe. — Roches essentiellement formées de *silicate hydraté d'alumine.*
1r Sous-groupe. — *Phyllade.*
type unique : P. schistoïde.
2e Sous-groupe. — *Schiste.*
type unique : S. compacte.
3e Sous-groupe. — *Argile.*
1r type. — *Kaolin* terreux et lâche.

2e type. — *Argile* terreuse et serrée (plastique, smectique)
3e 〃 — 〃 schistoïde (Klebschiefer).

4e Sous-groupe. — *Argilite.*
type unique : A. compacte.

24e groupe. — Roches essentiellement formées de *silicate hydraté de magnésie.*

1r Sous-groupe. — *Magnésite.*
1r type. — M. compacte.
2e 〃 — 〃 schistoïde.

2e Sous-groupe. — *Serpentine.*
1e type. — S. compacte.
2e 〃 — 〃 schistoïde.
3e 〃 — 〃 globulaire.
4e 〃 — 〃 brèchiforme.

3e Sous-groupe. — *Steaschiste.*
type unique : S. schistoïde.

4e Sous-groupe. — *Chlontoschiste.*
type unique : C. schistoïde.

25e groupe — Roches essentiellement formées de *silicate anhydre de magnésie.*

1r Sous-groupe. — *Pyroxènite.*
type unique : P. grenue.

2e Sous-groupe. — *Diallagite.*
type unique : D. cristalline.

3e Sous-groupe. — *Hypersthénite.*
1e type. — H. lamellaire.
2e 〃 — 〃 compacte.

4e Sous-groupe. — *Amphibolithe.*
type unique : A. schistoïde.

VIIe Série. — CARBONATES.

26e groupe. — Roches essentiellement formées de *carbonate de fer.*
1r type. — *Sidérose* spathique.
2e 〃 — 〃 schistoïde.
3e 〃 — 〃 lithoïde.

27e groupe. — Roches essentiellement formées de *carbonate de zinc.*
1r type. — *Calamine* cristalline.

2e type. — *Calamine* compacte.

28e groupe. — Roches essentiellement formées de *carbonate de magnésie*.

1r type. — *Giobertite* spathique.
2e 〃 — 〃 compacte.

29e groupe. — Roches essentiellement formées de *carbonate double de magnésie et de chaux*.

1r type. — *Dolomite* grenue.
2e 〃 — 〃 schistoïde.
3e 〃 — 〃 compacte.
4e 〃 — 〃 terreuse.

30e groupe. — Roches essentiellement formées de *carbonate de chaux*.

1r type. — *Calcaire* saccharoïde.
2e 〃 — 〃 fibreux.
3e 〃 — 〃 compacte.
4e 〃 — 〃 globulifère.
5e 〃 — 〃 spongieux.
6e 〃 — 〃 zoogène et phytogène.
7e 〃 — 〃 terreux.
8e 〃 — 〃 clastique.

31e groupe. — Roches essentiellement formées de *carbonate de soude*.

type unique : *Natron* cristallin.

VIIIe Série. — Phosphates.

32e groupe. — Roches essentiellement formées de *phosphate de chaux*.

1r type. — *Apatite* cristalline.
2e 〃 — *Phosphorite* compacte.

IXe Série. — Nitrates.

33e groupe. — Roches essentiellement formées de *nitrate de soude*.

type unique : *Nitratine* cristalline.

Xe Série. — Sulfates.

34e groupe — Roches essentiellement formées de *sulfate double d'alumine et de potasse*.

1r type. — *Alunite* compacte.
2e 〃 — 〃 porphyroïde.
3e 〃 — 〃 terreuse.

4e type. — *Alunite* brèchiforme.

35e groupe. — Roches essentiellement formées de *sulfate de baryte.*

type unique : *Barytine* cristalline.

36e groupe — Roches essentiellement formées de *sulfate de strontiane.*

type unique : *Célestine* cristalline.

37e groupe. — Roches essentiellement formées de *sulfate anhydre de chaux.*

1r type. — *Anhydrite* saccharoïde.

2e 〃 — 〃 compacte

3e 〃 — 〃 clastique.

38e groupe — Roches essentiellement formées de *sulfate hydraté de chaux.*

1r type — *Gypse* saccharoïde

2e 〃 — 〃 grenu.

3e 〃 — 〃 fibreux.

4e 〃 — 〃 compacte.

DEUXIÈME DIVISION.

ROCHES BINAIRES.

(formées par le mélange de deux minéraux essentiels).

XIe Série. — Carbone ou Carbure et Silicate.

39e groupe. — Roches essentiellement formées de *bitume et de schiste argileux.*

type unique : *Naphtoschiste* schistoïde

40e groupe. — Roches essentiellement formées *d'anthracite et de phyllade.*

1r type. — *Ampélite* schistoïde.

2e 〃 — 〃 compacte.

XIIe Série. — Carbone ou Carbure et Carbonate.

41e groupe. — Roches essentiellement formées *d'anthracite et de calcaire.*

type unique : *Anthraconite* cristalline.

XIIIe Série. — Deux oxydes.

42e groupe. — Roches essentiellement formées de *fer oxydulé et de corindon.*

1r type. — *Emeri* grenu.

2e 〃 — 〃 compacte.

43e groupe. — Roches essentiellement formées *d'oligiste et de quartz.*

1r type. — *Itabirite* grenue.

2e 〃 — 〃 schistoïde.

XIVe Série. — Oxyde et Silicate.

44e groupe. — Roches essentiellement formées de *fer chromé et de péridot.*

type unique : *Dunite* granulaire.

45e groupe. — Roches essentiellement formées de *quartz et de tourmaline.*

type unique : *Hyalotourmalite* cristalline.

46e groupe. — Roches essentiellement formées de *quartz et de feldspath.*

1r type — *Granulite* grenue.

2e 〃 — *Pegmatite* graphique.

3e 〃 — *Porphyre quartzifère* porphyroïde.

4e 〃 — 〃 〃 granitoïde.

5e 〃 — 〃 〃 schistoïde.

6e 〃 — *Pyroméride* globulifère.

7e 〃 — *Arkose* grèsiforme.

8e 〃 — *Porphyre* brèchiforme.

47e groupe. — Roches essentiellement formées de *quartz et de silicate hydraté d'alumine.*

1r Sous-groupe. — *Jaspe.*

type unique : J. compacte.

2e Sous-groupe. — *Psammite.*

type unique : P. grèsiforme.

3e Sous-groupe. — *Metaxite.*

type unique : M. grèsiforme.

4e Sous-groupe. — *Traumate.*

type unique : T. grèsiforme.

48e groupe. — Roches essentiellement formées de *quartz et de talc* ou silicates analogues.

type unique : *Talcschiste* schistoïde.

49e groupe. — Roches essentiellement formées de *quartz et de mica.*

1r type. — *Greisen* grenu.

2e 〃 — *Micaschiste* schistoïde.

XVe Série. — OXYDE ET CARBONATE.

30e groupe — Roches essentiellement formées de *quartz et de calcaire.*

type unique : *Molasse* grèsiforme.

XVIe Série. — DEUX SILICATES.

51e groupe. — Roches essentiellement formées de *silicate double d'alumine et de protoxyde et de silicate anhydre de magnésie.*

1^r Sous-groupe. — *Eclogite.*

type unique : E. grenue.

2e Sous-groupe. — *Dibasite.*

type unique : D. grenue.

3e Sous-groupe. — *Dolérite*, etc.

1^r type. — D. grenue (dolésite, mimosite).
2e 〃 — 〃 porphyroïde.
3e 〃 — 〃 scoriacé (téphrine).
4e 〃 — 〃 amygdaloïde (spilite, mimorite).
5e 〃 — 〃 terreux (Wacke).
6e 〃 — 〃 compacte (mimosite, Trapp).
7e 〃 — 〃 clastique (peperino).

4e Sous-groupe — *Euphotide.*

1^r type. — E. grenue.
2e 〃 — 〃 porphyroïde.
3e 〃 — 〃 globulifère (variolite de la Durance).

5e Sous-groupe. — *Hyperthénite* (Sélagite).

type unique : S. lamellaire

6e Sous-groupe. — *Syenite.*

1^r type. — S. granitoïde.
2e 〃 — 〃 porphyroïde.

7e Sous-groupe. — *Diorite.*

1^r type. — D. grenue.
2e 〃 — 〃 compacte (aphanite).

52e groupe. — Roches essentiellement formées de *feldspath et de zéolithe.*

1^r type. — *leucostite* porphyroïde.
2e 〃 — *phonolithe* compacte.
3e 〃 — 〃 schistoïde.
4e 〃 — *Perlite* vitreuse

53e groupe — Roches essentiellement formées de *phyllade et d'albite.*

type unique: *Phyllade* porphyroïde

54e groupe — Roches essentiellement formées de *feldspath et de mica.*

1r Sous-groupe. — *Gneiss.*

1r type. — G. schisteux.

2e 〃 — *Leptynolithe* compacte.

2e Sous-groupe. — *Minette.*

1e type. — M. grenue.

2e 〃 — *Kéralite* compacte.

3e Sous-groupe. — *Kersauton.*

type unique: K. grenu.

55e groupe. — Roches essentiellement formées de *feldspath et de talc.*

type unique: *Dolérine* schistoïde.

56e groupe. — Roches essentiellement formées de *schiste et d'andalousite.*

type unique: *Schiste à andalousite* porphyroïde.

57e groupe. — Roches essentiellement formées de *péridot et de pyroxène.*

1r type. — *Lherzolithe* granulaire.

2e 〃 — 〃 compacte.

3e 〃 — 〃 clastique.

58e groupe. — Roches essentiellement formées de *deux silicates d'alumine et de protoxyde.*

1r Sous-groupe. — *Cecilite.*

type unique: C. grenue.

2e Sous-groupe. — *Tusculite.*

type unique: T. grenue.

59e groupe. — Roches essentiellement formées de *mica et de silicate d'alumine.*

1r Sous-groupe. — *Maclive.*

type unique: M. porphyroïde.

2e Sous-groupe. — *Staurotilite.*

type unique: S. porphyroïde.

XVIIe Série. — Silicate et Carbonate.

60e groupe. — Roches essentiellement formées de *silicate d'alumine hydraté et de calcaire.*

1r Sous-groupe. — *Marne.*

1r type. — M. terreuse.

2e 〃 — 〃 schistoïde.

2e Sous-groupe. — *Marnolite.*

1r type. — M. terreuse.

2e 〃 — Alberige compacte.

3e Sous-groupe. — *Calschiste.*

type unique : C. schistoïde.

4e Sous-groupe. — *Calcaire phylladifère.*

type unique : C. entrelacé (Campan).

61e groupe — Roches essentiellement formées de *mica et de calcaire.*

type unique : Micalcaire schistoïde.

62e groupe — Roches essentiellement formées de *silicate hydraté de magnésie et de calcaire.*

1r Sous-groupe. — *Cipolin.*

1r type. — C. uniforme.

2e 〃 — 〃 zonaire.

3e 〃 — 〃 glandulaire.

4e 〃 — 〃 pseudofragmentaire.

2e Sous-groupe. — *Ophicalce.*

1r type. — O. saccharoïde.

2e 〃 — 〃 compacte.

3e 〃 — 〃 brèchiforme.

4e 〃 — 〃 nodulaire.

63e groupe. — Roches essentiellement formées *d'amphibole et de calcaire.*

1r type. — Hemithrène granitoïde.

2e 〃 — 〃 porphyroïde.

TROISIÈME DIVISION.

ROCHES TERNAIRES.

(formées par le mélange de trois minéraux essentiels).

XVIIIe Série. — Un oxyde et deux silicates.

64e groupe. — Roches essentiellement formées de *quartz, de feldspath et d'hydrosilicate d'alumine (phyllade).*

type unique : Grauwacke grenue.

65e groupe. — Roches essentiellement formées de *quartz, de feldspath et de mica.*

1r Sous-groupe. — *Granite.*

1r type. — G. grenu.

2e 〃 — 〃 porphyroïde.

3e 〃 — 〃 schistoïde (gneiss en partie).

2e Sous-groupe. — *Protogine.*

1r type. — P. grenue.

2e 〃 — 〃 porphyroïde.

3e 〃 — 〃 glandulaire.

4e 〃 — 〃 schistoïde.

3e Sous-groupe. — *Rappakivi.*

1r type — R. grenu.

2e 〃 — 〃 porphyroïde.

66e groupe. — Roches essentiellement formées de *quartz, de feldspath et de tourmaline.*

type unique: Luxuliane grenue.

67e groupe. — Roches essentiellement formées de *feldspath de pyroxène et de fer titané.*

1r type. — Basalte compacte (et dolérite).

2e 〃 — 〃 scoriacé.

3e 〃 — 〃 vitreux (gallinace).

4e 〃 — 〃 amygdaloïde.

5e 〃 — 〃 congloméré.

6e 〃 — 〃 terreux.

XIXe Série. — Un oxyde, un silicate et un carbonate.

68e groupe. — Roches essentiellement formées de *quartz, de silicate d'alumine hydraté et de calcaire.*

type unique: Macigno grèsiforme.

XXe Série. — Trois silicates.

69e groupe. — Roches essentiellement formées de *pyroxène, de feldspath et de mica.*

1r type. — Wackite compacte.

2e 〃 — 〃 amygdaloïde.

70e groupe. — Roches essentiellement formées de *feldspath, de pyroxène et de talc.*

1r type. — *Eupholite* grenue.

2e 〃 — 〃 compacte

71e groupe. — Roches essentiellement formées de *feldspath, de pyroxène et de péridot.*

type unique : Péridotite grenue.

72e groupe. — Roches essentiellement formées de *feldspath, de pyroxène et de terre verte.*

type unique : Ophitone grenue.

73e groupe. — Roches essentiellement formées de *feldspath, d'amphibole et de zircon.*

1r type. — Zircosyénite grenu.
2e " — " porphyroïde.

74e groupe. — Roches essentiellement formées de *feldspath, de pyroxène et d'un second silicate double d'alumine et de protoxyde.*

1r Sous-groupe. — *Nepheline.*
1r type. — N. grenue.
2e " — " porphyroïde.

2e Sous-groupe. — *Amphigénite.*
1r type. — A. grenue.
2e " — " porphyroïde.

APPENDICE.

ROCHES POLYGÉNIQUES.

1r type. — *Brèches* polygéniques.
2e " — *Poudingues* "
3e " — *Grès* "
4e " — *Sables* "

2 Février 1870.

ON THE DIURNAL
VARIATION OF THE INCLINATION
OF THE
MAGNET AT BATAVIA.

BY

P. A. BERGSMA.

The observations, the results of which are communicated in this paper, have all been made on the same spot in the Magnetical Observatory at Batavia. This Observatory is a wooden building, in the construction of which no iron has been used; it is situated in a private garden at a distance of about forty mètres from the nearest of the surrounding buildings. The geographical position of the Observatory is: Latitude 6° 11' 0" South, Longitude 7^h 7^m 19^s East from Greenwich.

The instrument with which the observations have been made, is a 3-inch dip-circle of Barrow; for all the observations the same needle has been used. Each observation of the inclination with this instrument takes about forty minutes. An observation begun twenty minutes before the full hour, ends at about twenty minutes after the full hour; the result given by this observation is then accepted as being the value of the dip at the full hour.

Three different sets of observations have been made.

The first set was made from May 29, 1868, to August 22, 1868; it comprises observations made on twelve different days every hour from 7 a. m. until 5 p. m.; by these observations eleven values of the dip were obtained on each day. When I began this set of observations, I intended to continue them at least for a year; but at the end of three months I was obliged to discontinue them, from beimg too trying to the eyes.

The second set comprises observations made at 10 a. m., 4 p. m. and 10 p. m. on 21 days from August 26, 1868, to November 3, 1868. In the beginning of November I grew seriously ill, so that it was impossible for me to make any observations; it was December when I had so far recovered that I could recommence them.

The third set comprises observations made at 10 a. m. and 4 p. m. on 103 days from December 1, 1868, to November 30, 1869; these observations were made if possible two days every week, so that 8 or 9 days of observation fell in every month.

Table I contains the first set of observations. The inclination is South 27° + the numbers in the Table; these numbers indicate minutes.

TABLE I.

Batavia Mean Time.	7a.m.	8a.m	9a.m.	10 a. m.	11 a. m.	Noon	1p.m.	2p m	3p.m.	4p.m.	5p.m.
May 29. . . .	22′.54	20′.56	19′.97	19′.17	18′.63	19′.94	21′.51	19′.94	20′.32	20′.90	22′.05
June 4. . . .	20′.05	20′.23	18′.27	17′.53	19′.20	18′.37	18′.68	18′.84	18′.82	20′.29	20′.48
June 12 . . .	19′.58	19′.82	19′ 46	17′.79	18′.55	17′.71	19′.12	19′.25	21′.69	21′.48	23′ 64
June 19 . . .	19′.16	17′.31	17′.91	18′.38	18′.81	19′.37	20′.04	20′.25	21′.40	20′.23	20′.60
June 25 . . .	19′.04	19′.58	19′.18	17′.78	18′.84	18′.93	19′.44	18′.82	20′.31	19′.64	20′.29
July 2. . . .	17′.58	19′.67	18′.22	17′.04	17′.73	16′.97	18′.42	19′.82	18′.98	19′.29	19′.29
July 9	20′.32	18′.94	20′.59	19′.71	20′.27	19′.03	19′.97	22′.19	22′.34	23′.98	24′ 89
July 16 . . .	21′.72	20′.30	17′.97	19′.17	18′.03	20′.41	20′.34	20′.99	20′.85	21′.46	20′.88
July 23 . . .	20′.37	18′.42	15′.57	16′.93	19′.03	19′.80	21′.08	20′.74	21′.78	23′.34	23′.42
July 30 . . .	17′.88	18′.64	18′.99	19′.19	19′.00	19′.07	18′.97	18′.93	20′ 12	21′.03	21′.48
August 13. .	20′.73	22′.03	22′.79	21′.10	21′.67	20′.67	20′.14	22′.01	23′.26	22′.32	21′.76
August 22. .	22′.04	20′.58	21′.13	19′.49	19′.06	18′.42	19′ 92	19′ 36	17′.70	19′.92	20′.84
Hourly Means	20′.08	19′.67	19′.17	18′.60	19.′07	19′.06	19′.80	20′.10	20′.63	21′.16	21′.64

The hourly means deduced from these observations show that the South inclination at Batavia decreases from 7 a. m. to 10 a. m., is a minimum at 10 a. m. and increases from 10 a. m to 5 p. m.

Table II contains the differences wich are found, when the value of the dip at 10 a. m. is subtracted from the value of the dip at the other hours.

TABLE II.

Batavia Mean Time.	7a.m.	8a.m.	9a.m.	10 a. m.	11 a. m.	Noon	1p.m.	2p.m.	3p.m.	4p.m	5p.m
Differences. .	1′.48	1′.07	0′ 57	0′.00	0′.47	0′.46	1′.20	1′.50	2′.03	2′.56	3′.04

The decrease' of the dip from 7 a. m. to 10 a. m. and the increase from 10 a. m. to 5 p. m are pretty regular; the only irregularity is shown by the difference obtained for noon.

Table III contains the second set of observations.

TABLE III.

Batavia Mean Time.	10 a. m.	4 p. m.	10 p. m.
August 26.	27⁰ 18′.39	27⁰ 20′.04	27⁰ 21′.76
August 29.	27⁰ 18′.65	27 21′.24	27⁰ 21′.02
September 1.	27⁰ 22′.24	27⁰ 23′.18	27⁰ 22′.96
September 4	27⁰ 19′.52	27⁰ 22′.78	27⁰ 22′.39
September 8	27⁰ 19′.82	27⁰ 22′.55	27⁰ 23′.48
September 12.	27⁰ 18′.14	27⁰ 21′.56	27⁰ 22′.24
September 15.	27⁰ 20′.44	27⁰ 19′.18	27⁰ 25′20
September 18.	27⁰ 21′.12	27⁰ 22′.73	27⁰ 22′.94
September 21.	27⁰ 23′.21	27⁰ 27′.22	27⁰ 27′.39
September 25	27⁰ 19′.98	27⁰ 22′.21	27⁰ 22′.14
September 29.	27⁰ 20′.43	27⁰ 25′.67	27⁰ 24′.74
October 7	27⁰ 21′.25	27⁰ 23′.98	27⁰ 23′.93
October 9	27⁰ 21′.98	27⁰ 24′.65	27⁰ 24′.19
October 14	27⁰ 20′.33	27⁰ 24′.47	27⁰ 26′.20
October 20	27⁰ 22′.33	27⁰ 25′.07	27⁰ 22′.17
October 22	27⁰ 18′.04	27⁰ 21′.76	27⁰ 24′.73
October 23	27⁰ 23′.18	27⁰ 27′.24	27⁰ 25′.10
October 27	27⁰ 20′.08	27⁰ 27′.43	27⁰ 20′ 68
October 29	27⁰ 18′.01	27⁰ 19′.62	27⁰ 21′.22
October 30	27⁰ 14′.41	27⁰ 22′.10	27⁰ 23′.04
November 3	27⁰ 18′.88	27⁰ 23′.39	27⁰ 19′ 11
Hourly Means	27⁰ 20′.02	27⁰ 23′.19	27⁰ 23′.17

The hourly means deduced from these observations show, that the inclination has the same value at 4 p. m. as at 10 p. m. This result, combined with the regular increase of the inclination from 10 a. m. to 5 p. m. deduced from the first set of observations, indicates that the inclination is a maximum at about 7 p. m.

Table IV contains the results of the third set of observations. It would be too long to give the individual observations; therefore I merely communicate the hourly means for every month and for the whole year. The fifth column of Table IV contains the differences found when the value of the dip at 10 a. m. is subtracted from that at 4 p. m.

TABLE IV.

	Number of days of observation.	10⁰ a. m.	4 p. m.	Differences.
December 1868.	9	27° 19′,49	27° 22′.52	3′.03
January 1869.	9	27⁰ 18′.82	27⁰ 22′.59	3′.77
February 〃	8	27⁰ 19′.00	27⁰ 22′.50	3′.50
March 〃	9	27⁰ 20′.76	27⁰ 24′.56	3′.80
April 〃	8	27⁰ 22′.23	27⁰ 25′.18	2′.95
May 〃	9	27⁰ 21′.61	27⁰ 24′.06	2′.45
June 〃	9	27⁰ 22′.08	27⁰ 25′.32	3′.24
July 〃	9	27° 21′.51	27⁰ 25′.27	3′.76
August 〃	9	27⁰ 23′.19	27⁰ 25′.58	2′.39
September 〃	8	27⁰ 22′.68	27⁰ 25′.69	3′.01
October 〃	8	27⁰ 23′ 02	27⁰ 25′.02	2′.00
November 〃	8	27⁰ 23′.53	27⁰ 24′.90	1′.37
Annual Means.		27⁰ 21′.46	27⁰ 24′.42	2′.96

These observations show that throughout the whole year the South Inclination at Batavia is greater at 4 p. m than at 10 a. m. On 96 of the 103 days, on which the dip has been observed at 10 a. m. and at 4 p. m., it was greater at 4 p. m. than at 10 a. m.

The mean difference of the dip at 10 a. m. and 4 p. m. in the year beginning December 1, 1868, and ending November 30, 1869, is 2′.96. Table IV shows that this difference varies in the different months; perhaps a longer continuation of the observations will show that there exists a regular annual variation of this difference.

The diurnal variation of the inclination in the Southern Hemisphere has, as far as I know, never been deduced from observations with the dip-circle. General SABINE deduced the diurnal variation of the inclination at St. Helena (Latitude 15°56′41″.2 South, Longitude 0^h 22^m $41^s.9$ West from Greenwich) from the diurnal variations of the horizontal and of the vertical force observed from January 1, 1843, to December 31, 1846. As St. Helena is the place of the Southern Hemisphere the nearest in Latitude to Batavia, of which the diurnal variation of the inclination is known, I transcribe in Table V General SABINE's results (see E. SABINE, *Observations at St. Helena*. Vol. II, pag. LXI).

TABLE V.

St. Helena Mean Time.	SOUTH INCLINATION AT ST. HELENA.		
	Semi-annual Means.		Annual Means.
	April to September.	October to March.	
Midnight	22° 0′.38	22° 0′.52	22° 0′.45
1 a. m.	22° 0′.28	22° 0′.38	22° 0′.33
2 a. m.	22° 0′.17	22° 0′.25	22° 0′.20
3 a. m.	22° 0′.03	22° 0′.17	22° 0′.10
4 a. m.	21° 59′.98	22° 0′.05	22° 0′.02
5 a. m.	21° 59′.85	21° 59′.98	21° 59′.92
6 a. m.	21° 59′.68	21° 59′.92	21° 59′.80
7 a. m.	21° 59′.52	21° 59′.63	21° 59′.58
8 a. m.	21° 19′.17	21° 59′.17	21° 59′.17
9 a. m.	21° 58′.88	21° 58′.85	21° 58′.87
10 a. m.	21° 58′.48	21° 58′.62	21° 58′.55
11 a. m.	21° 58′.57	21° 58′.53	21° 58′.55
Noon.	21° 58′.75	21° 58′.62	21° 58′.68
1 p. m.	21° 59′.38	21° 59′.02	21° 59′.20
2 p. m.	21° 59′.98	21° 59′.62	21° 59′.80
3 p. m	22° 0′.42	22° 0′.12	22° 0′.27
4 p. m.	22° 0′.58	22° 0′.62	22° 0′.60
5 p. m.	22° 0′.78	22° 0′.85	22° 0′.82
6 p m.	22° 1′.02	22° 1′.05	22° 1′.03
7 p. m.	22° 1′.13	22° 1′.10	22° 1′.12
8 p. m.	22° 0′.92	22° 0′.88	22° 0′.90
9 p. m	22° 0′.82	22° 0′.90	22° 0′.87
10 p m.	22° 0′.70	22° 0′.73	22° 0′.72
11 p. m	22° 0′.52	22° 0′.68	22° 0′.60

These results agree remarkably well with the results deduced from my observations. In the half year from April to September, in which the greatest part of the first and second set of my observations was taken, the inclination decreases from 7 a. m. to 10 a. m, is a minimum at 10 a. m., increases from 10 a. m. to 7 p. m, is a maximum at 7 p. m. and has at 10 p. m. nearly the same value as at 4 p. m.

The difference between the annual means at St. Helena for 10 a. m. and 4 p. m. is 2′ 05; the difference at Batavia between the annual means for the same hours is 2′.96. By this it is probable that the range of the diurnal variation at Batavia in the annual means is greater than at St. Helena. This agrees with the results deduced by General SABINE from the variations of the horizontal and of the vertical force at St. Helena, the Cape of Good Hope (See E. SABINE, *Observations at St. Helena.* Vol. II, pag. C) and Hobarton (See E. SABINE, *Observations at Hobarton.* Vol. II, pag. XLV); these results are contained in the following Table:

TABLE VI.

	South Latitude.	Differences between the values of the annual Means of the South Inclination at the hours of Maximum and Minimum.
St. Helena	15° 56′	2′.57
The Cape of Good Hope .	33° 56′	1′.59
Hobarton	42° 48′	1′.26

These results indicate a decrease of the range of the diurnal variation of the Inclination in the annual means with an increase of Latitude.

I intend to continue my observations of the inclination at 10 a. m and 4 p. m. two days a week; my chief object in

this is to become thoroughly acquainted with the difference between the inclination at two different hours of the day. In this way I hope to find the means of controlling the results which perhaps I may some day be able to obtain for each of the twenty-four hours of the day by means of the magnetographs. Until now it has been impossible to have the magnetographs in working order for want of an appropriate building.

Batavia, Dec. 24th 1869.

OVER DE DICHTHEID VAN ALCOHOL

EN VAN DE

MENGSELS VAN ALCOHOL EN WATER.

DOOR

E. H VON BAUMHAUER.

Voorgedragen in de gewone Vergadering van 29 Januarij 1870.

Het is nu tien jaren geleden dat ik in de Natuurkundige Afdeeling der Koninklijke Akademie van Wetenschappen de resultaten mededeelde van een uitvoerig onderzoek, hetwelk ik met den Heer F. H. VAN MOORSEL had ingesteld, om na te gaan in hoeverre de bepalingen van GILPIN tusschen 1790 en 1794 gedaan en in 1811 door TRALLES omgerekend, en die van GAY-LUSSAC in 1816 en 1822 van de dichtheid der mengsels van alcohol en water bij verschillende temperaturen genoegzame zekerheid aanboden om als grondslag te dienen bij de vervaardiging van alcoholometrische tabellen bij de toen verwachte nieuwe Nederlandsche wet op het gedistilleerd.

Deze onderzoekingen heb ik medegedeeld in mijne *Verhandeling over de dichtheid, de uitzetting, het kookpunt en de spanning van den damp van alcohol en van mengsels van alcohol en water*, die in 1860 verschenen is in het 9de deel der *Verhandelingen* van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen. Bij de Wet van 20 Juni 1862 (*Staatsblad*, N°. 62) houdende bepalingen omtrent den accijns op het binnenlandsch gedistilleerd, en bij het daarop gevolgd Koninklijk Besluit van 20 April 1863 (*Staatsblad*, N°. 19) zijn de door mij vervaardigde, en uit de door den Heer VAN MOORSEL en mij verkregen uitkomsten berekende: *Tafels tot het bepalen van de percenten zuiveren alcohol in gedistilleerd volgens de aanwijzingen op den hon-*

derddeeligen vochtweger en thermometer voor Nederland bij het opnemen der sterkte van gedistilleerd verbindend gemaakt.

In het laatst van het vorige jaar verscheen in POGGENDORFF'S *Annalen*. T. CXXXVIII, p. 103—141 en p. 230—279 eene Verhandeling van D. MENDELEJEFF, Hoogleeraar te Petersburg: *Ueber die Verbindungen des Alkohols mit Wasser*, als uittreksel uit eene in het Russisch geschrevene verhandeling, die in 1865 te Petersburg is uitgekomen. Dewijl in deze verhandeling bij de beoordeeling mijner proeven uitdrukkingen voorkomen als deze: „freilich differiren die Bestimmungen von GAY-LUSSAC und „BAUMHAUER bedeutend, da letztere, wie schon gezeigt, wenig „genau sind,'' en zulk eene uitdrukking allicht bij personen, die in deze kwestie niet te huis zijn en zich niet de moeite getroosten de uitkomsten der verschillende geleerden, die zich met deze moeijelijke en tijdroovende onderzoekingen hebben bezig gehouden, met elkander te vergelijken, het vermoeden zoude doen ontstaan dat de bepaling van het alcoholgehalte in het gedistilleerd in Nederland, volgens de wet van 1862 op *weinig nauwkeurige* grondslagen berust, acht ik het noodig dit punt op nieuw te behandelen, en vooral na te gaan of de onderzoekingen van MENDELEJEFF eenige verandering noodzakelijk maken in de bepalingen, zooals die in de door mij voor de administratie vervaardigde tafels zijn opgegeven.

Bij de behandeling dezer zaak moet men wel onderscheiden de wetenschappelijke kwestie, en die welke alleen voor de praktijk waarde heeft. De wetenschap wenscht met de grootste nauwkeurigheid bepaald te zien: de dichtheid, den uitzettings-coëfficiënt en het kookpunt van den zooveel mogelijk scheikundig zuiveren alcohol, waarbij men nog voegen mag de bepaling van de verhouding in gewicht tusschen alcohol en water, wanneer de condensatie, die bij de vermenging dezer vloeistoffen plaats vindt, de grootste is, alsmede de hoegrootheid dier condensatie. Bij de beantwoording dier vragen kan de nauwkeurigheid bij de proefnemingen niet verre genoeg doorgevoerd worden. Aan de kennis der dichtheden van de verschillende mengsels van alcohol en water heeft de wetenschap zeer weinig, doch de prak-

tijk, of liever gezegd de regeringen, die van de alcoholische vloeistoffen eene hooge belasting vorderen, stellen er groote waarde in dat die geheven worde in verhouding tot de in de mengsels voorhanden hoeveelheid alcohol; de graad van nauwkeurigheid echter, die de administratie hierbij vordert, is in vele landen niet grooter dan van een geheel percent; in Nederland echter, waar die belasting uitermate hoog is, wordt sedert de nieuwe wet eene veel grootere nauwkeurigheid gevorderd, zoodanig dat voor mengsels die minder dan 60 maatpercenten alcohol bevatten, een vochtweger wordt gebruikt, wiens verdeelingen bedragen $\frac{5}{10,000}$ en voor rijkere een andere verdeeld in $\frac{1}{1000}$ van het elementvolumen van den vochtweger, terwijl de aflezingen van den honderddeeligen thermometer bij halve graden geschiedt; bij deze beide instrumenten staat het verschil tusschen twee aflezingen meestal gelijk met twee tienden, zelfs soms met drie en vier tienden van een maatpercent alcohol, terwijl alleen bij mengsels die meer dan 95 maatpercenten alcohol bevatten eene afdeeling gelijk staat met één tiende maatpercent.

De onderzoekingen welke destijds door den Heer VAN MOORSEL mij zijn in het werk gesteld, zijn, zooals uit de inleiding mijner verhandeling blijkt, gedaan met het oog, om aan de administratie een zekeren genoegzaam nauwkeurigen grondslag te geven voor de heffing der belasting op het gedistilleerd; MENDELEJEFF heeft daarentegen zijne onderzoekingen met een geheel ander doel ingesteld; hij wenschte namelijk na te gaan of bij chemische verbindingen met veranderlijke verhoudingen, b.v. bij de zoogenaamde mengsels van vloeistoffen, het maximum van contractie al dan niet te zamen valt met atoomverhoudingen. Zijn streven was vooral de wet te vinden voor de veranderingen in de dichtheden in verhouding tot het procentgehalte of anders gezegd de formule te vinden ter berekening van de dichtheid uit het procentgehalte en omgekeerd; wat dit laatste punt betreft, komt hij (pag. 275) tot het besluit dat niettegenstaande al zijne nauwkeurige bepalingen het hem evenmin als zijne voorgangers gelukt is die te vinden. Zijne onderzoekingen die met eene buitengewone mate van nauwkeurigheid zijn in het werk gesteld, waarbij alle

mogelijke voorzorgen zijn in acht genomen, en in het bepalen der mogelijke fouten, der correctiën en der interpolatiën zijne groote mathematische bedrevenheid volkomen blijkt, bevestigen niet alleen volkomen de uitkomsten zijner voorgangers, maar toonen tevens aan dat de te bereiken nauwkeurigheid in de bepaling der dichtheden van de mengsels van alcohol en water bij verschillende temperaturen eene grens heeft, toe te schrijven aan allerlei storende omstandigheden, waardoor het niet mogelijk is eene grootere nauwkeurigheid te bereiken dan van ± een tiende percent alcohol in de mengsels.

Als van minder praktisch gewicht zullen wij hier de uitvoerige verhandeling van MENDELEJEFF over de waarschijnlijke grootste fouten, welke aan de bepalingen der verschillende onderzoekers kleven, hier slechts ter loops aanstippen, om alleen te wijzen op de verkeerde opgaven ten aanzien mijner proeven.

De grieven van MENDELEJEFF tegen mijne proeven zijn: dat ik de hydrostatische weging gebruikt heb in stede van de weging in kolfjes; volgens hem moet bij de hydrostatische weging het alcoholgehalte van het mengsel steeds veranderen; verder dat bij die bepaling mijn glazen kegel slechts een volumen had van 12,865 gr. (lees CC.); dit laatste is waar voor de bepaling der dichtheden van de mengsels van alcohol en water, maar niet bij de bepaling van de dichtheid van den absoluten alcohol, waar het vooral, zooals ik zeide, uit een wetenschappelijk oogpunt op aankomt om die met groote naauwkeurigheid te bepalen; hierbij heb ik een glazen kegel gebruikt van ongeveer 54 CC., en daarenboven heb ik eene bepaling gedaan in een gesloten kolfje, waarin een thermometer was aangebragt, eenigszins op dezelfde wijze als door MENDELEJEFF is gedaan. De op beide wijzen met denzelfden alcohol verkregen uitkomsten 0,79407 en 0,79428, ofschoon weinig van elkander verschillende, toonen toch dat door de hydrostatische weging eene geringere dichtheid is verkregen dan door de weging in het gesloten kolfje, hetgeen niet het geval moest zijn, indien gedurende het blootstaan aan de lucht de alcohol water had opgenomen.

Daar ik bij de mededeeling mijner proeven niet, zooals MENDELEJEFF doet, alle voorzorgs-maatregelen heb opgesomd, die ik daarbij genomen heb, moet ik hier opmerken, dat de wijze waarop

door ons de hydrostatische weging is geschied, de kans tot verandering der vloeistof al heel gering maakte, daar de tijd tusschen het overgieten van den alcohol in het glas en het einde der weging nimmer eene geheele minuut heeft bedragen. Men verkrijgt dit op de volgende wijze: nadat men het glas eenige malen met de vloeistof heeft uitgespoeld en daarna gevuld, doet men eene voorloopige hydrostatische weging, waarbij het op 1 à 2 milligrammen nauwkeurigheid niet aankomt; terwijl de gewichten op de balans blijven liggen, giet men het glas leêg en vult het met nieuwen alcohol van dezelfde soort, en plaatst het glas dan in de balans, die dan gesloten kan blijven, dewijl men alleen met het milligrammen-ruitertje te werken heeft; wanneer men eene goede balans heeft (zooals ik steeds eene van OERTLING uit Berlijn heb gebruikt) die nimmer verkeerd uitslaat, en men geene grootere nauwkeurigheid najaagt dan van een half milligram, is de geheele weging binnen de minuut afgeloopen. Onmiddellijk na de weging werd de thermometer op nieuw afgelezen, en de bepaling alleen dan voor goed gehouden, indien de temperatuur 15° C aantoonde, waarop de vloeistof vóór de weging was gebracht. De nauwkeurigheid bij het wegen bedroeg bij mijne proeven niet, zooals MENDELEJEFF opgeeft ± 0,001 maar ± 0,0005 mgr. Hoe spoediger eene weging van toestellen, wier oppervlakte, zooals REGNAULT en STAS hebben aangetoond, door allerlei ons nog niet genoeg bekende oorzaken, als electriciteit, condensatie van gassen, enz., gedurig verandert, afloopt, des te grooter vertrouwen verdient zij naar mijn oordeel; het bepalen van onderdeelen van milligrammen uit de slingeringen van de naald door middel van een kijker, zooals door MENDELEJEFF is geschied, geeft, mijns inziens, eer onnauwkeurigheid dan nauwkeurigheid; alleen kan men daaraan eenige waarde hechten, indien, zooals door de straks genoemde geleerden gedaan is, op de beide schalen der balans toestellen met gelijke oppervlakte en van gelijksoortige stof zijn geplaatst, op welke de ons onbekende invloeden gelijkelijk werken, hetgeen MENDELEJEFF, die glazen toestellen met koperen gewichten heeft gewogen, niet heeft in acht genomen.

MENDELEJEFF, die de temperatuur met eene nauwkeurigheid van $\frac{5}{1000}$ van een honderddeeligen graad zegt te bepalen, maakt na-

tuurlijk een grief tegen mijne onnauwkeurigheid, daar ik slechts de tienden van een graad aflees. Ik bewonder die groote nauwkeurigheid, daarenboven verkregen door den draad van den kijker op $\frac{1}{3}$ van de hoogte van den meniscus van het hoogste punt af te richten, en correcties aan te brengen voor de fijne kolom kwik van den thermometer, die boven de vloeistof uitsteekt, doch ik hecht aan die verregaande nauwkeurigheid heel weinig waarde, wanneer ik daarbij lees dat de graden zijner thermometers, die natuurlijk niet van 0^0 tot 100^0 C. loopen, bepaald zijn door vergelijking met een normaalthermometer en dat bij dezen normaalthermometer in 1859 het 0-punt stond bij + 0,08 en het 100-punt bij 100,103, en in 1864 het 0-punt bij + 0,500, terwijl toen het 100-punt niet schijnt bepaald te zijn. MENDELEJEFF voegt daarbij dat het 0-punt van zijn normaalthermometer in 1859 stond bij 0,08, allengs steeg tot het jaar 1862 tot op 0,5, waarbij het sedert dien constant was gebleven; dit laatste mag ik volkomen betwijfelen tengevolge mijner eigene ondervinding. Bij mijne proeven heb ik gebruikt een standaardthermometer, N°. 381 van FASTRÉ AINÉ te Parijs met eene willekeurige doch gelijke verdeeling in 745 deelen, waarvan FASTRÉ zelf opgeeft in Juni 1854: B = 756, T = 12,50, H = 755,05, P = 99,80; le point 99,80 = 683,0, le point 0 = 22,0; het ware 100-punt was dus toen bij 760^{mm} = 684,3. In 1858 heb ik dien thermometer zelf onderzocht en toen het 0-punt eveneens gevonden = 22,0, het ware 100-punt bij 760^{mm} = 685,0, waarbij de geheele thermometer in een dubbel omhulsel van stoom was geplaatst. Op 26 December 1869 heb ik dienzelfden thermometer op nieuw onderzocht en vond toen zijn 0-punt = 25; op 29 December daaraanvolgende werd het 100-punt bepaald: bij 764^{mm},8 en 2^0,4 C. werd het gevonden = 687,5; dus het ware 100-punt = 686,24; dewijl nu iedere graad gelijk is aan 6,6224 verdeelingen (ongeveer 3,78 millimeters) was het 0-punt 0,45 van een graad hooger dan in 1854 en 1859 en het 100-punt 0,25 hooger dan in 1854 en 0,19 hooger dan in 1859; toen ik eenige uren later op nieuw het 0-punt bepaalde, vond ik het in stede van op 25 slechts op 24, dus 0,15 van een graad lager, dan vóór dat de thermometer in den stoom was gebracht;

trouwens het is algemeen bekend dat bij zeer gevoelige thermometers het 0-punt niet constant blijft, nadat de thermometer op hooge temperaturen is gebracht.

Het 0-punt werd op 25 Februari en 20 Maart 1870 nog steeds op 24 gevonden; de thermometer was gedurende dien tijd niet aan eene hooge temperatuur blootgesteld geworden.

Van een standaardthermometer van SALLERON te Parijs, eveneens met willekeurige schaal, die reeds een tiental jaren in mijn bezit was, werd op 29 December 1869 het 0-punt gevonden = 156,0 en het kookpunt bij 764,^{mm}8 en 2°,4 C = 714,0, dus het ware 100-punt bij 760^{mm} = 712,84; een uur later werd het 0-punt gevonden = 153,0; waaruit de lengte van iederen graad bepaald werd = 5,5984 en iedere verdeeling = 0°,178 C; de verandering van het 0-punt bedroeg dus 0,534 van een graad. Terwijl na dien tijd de thermometer niet weder op eene hooge temperatuur was gebracht, werd het 0-punt op 25 Februari 1870 gevonden bij 154,5 en op 20 Maart daaraanvolgende bij 155,0. Is er meer noodig om te bewijzen dat een glazen kwikthermometer geen instrument is, waarmede men de zekerheid van één honderdste graad in de bepaling van temperatuur verkrijgen kan?

Na deze ondervinding zal het niemand verwonderen dat de waarde, die ik aan bepalingen van halve honderdsten van een graad hecht, niet groot kan zijn en dat ik bij de bepaling van temperatuursverschillen mij tevreden blijf stellen bij de tiendens van graden, en evenzeer bij de bepaling van halve milligrammen bij de wegingen, waarbij ongelijksoortige stoffen, zoo als koperen gewichten met glazen toestellen, worden vergeleken.

Eindelijk zegt MENDELEJEFF dat, indien men de uitzetting van vloeistoffen bepaalt in een dilatometer, die geplaatst is in een vat, waarin water bekoelt, de fout in de bepaling der temperatuur 0°,5 C. bedragen kan; ik geef dit toe indien het volumen van de te onderzoeken vloeistof zeer groot en het volumen van het bekoelend water relatief gering is; doch op de wijze waarop mijne proeven gedaan zijn, namelijk in een glazen cilinder, die meerdere kannen water bevatte, en waardoor, tot verkrijging eener gelijkmatige temperatuur door het geheele vat, het water door een luchtstroom in beweging werd gehouden, kan naar

mijn oordeel de grootste fout hoogstens 0°,1 C. bedragen, waardoor dus in het soortelijk gewicht geene fout van 0,0004 à 0,0005, maar hoogstens van 0,0001 kan ontstaan.

Doch wenden wij ons liever tot de resultaten van het onderzoek, en vergelijken wij daarbij de onzen, zoowel met die van MENDELEJEFF, als met die onzer voorgangers GILPIN, GAY-LUSSAC, DRINKWATER, FOWNES en anderen.

Wij moeten in de eerste plaats den absoluten alcohol bespreken, daar toch van de juiste bepaling van diens dichtheid de waarde van het geheele onderzoek afhangt; hierbij moet ik tot vermijding van te groote wijdloopigheid, ten opzigte der bijzonderheden, naar mijne verhandeling verwijzen. Vooraf echter moet ik eene opmerking maken, die bij de beoordeeling dezer kwestie niet van gewicht ontbloot is; wij bezitten geen enkel zeker middel, om ons te overtuigen of hetgeen wij absoluten alcohol noemen, *chemisch zuivere* alcohol is; door herhaalde distillaties over ligchamen die daaraan water onttrekken, tot zoolang dat opvolgende distillatiën een produkt geven, waarvan de dichtheid niet meer is verminderd, verkrijgen wij groote waarschijnlijkheid, dat wij een watervrij produkt hebben verkregen; doch daarmede is niet bewezen dat in onzen aethylalcohol niet voorkomt een andere alcohol van eene hoogere of lagere dichtheid, een aether, een aldehyd, of eenige andere vluchtige stof, wier kookpunt weinig verschilt van dat van den aethylalcohol. Door de herhaalde behandeling met bijtenden kalk bestaat weinig waarschijnlijkheid voor de aanwezigheid van vluchtige zuren; doch welke is de inwerking van dien bijtenden kalk op den alcohol? vooral bij hoogere temperatuur? Daar bij de distillatie over bijtenden kalk bij eene temperatuur van 80° à 90° C. het résidu der distillatie bijna kleurloos is, mag men vooronderstellen dat geene ontleding heeft plaats gevonden. Anders is het gesteld met het baryumoxyd, hetwelk door MENDELEJEFF tegelijk met calciumoxyd is gebruikt; baryumoxyd kleurt waterhoudenden alcohol niet, maar watervrijen zelfs reeds bij de gewone temperatuur geel, welke kleur bij verwarming in het oranje overgaat; dat hierbij ontleding, tot welke produkten weten wij niet, plaats vindt, is meer dan waarschijnlijk.

Men vergete verder niet dat de alcoholische vloeistoffen ver-

kregen uit verschillende grondstoffen verschillende andere alcoholen bevatten, waarvan zij niet dan hoogst moeielijk en dan nog onvolkomen door gefractionneerde distillaties en behandeling met verschillende agentiën kunnen worden gezuiverd. De *zekerheid* of wij met *chemisch zuiveren* aethylalcohol te doen hebben, is niet te verkrijgen, en ik begrijp niet hoe MENDELEJEFF, die slechts met een en dezelfde soort van alcohol heeft gewerkt, kan zeggen: „dat als afdoend bewijs voor de zuiverheid van den „met kalk bereiden alcohol hem het verschijnsel diende, dat bij „het mengen van dien alcohol met water, alcohol met dezelfde „eigenschappen verkregen werd, als wanneer minder sterke alco„hol tot verkrijging van het mengsel werd gebruikt."

Om deze reden heb ik twee verschillende soorten van alcohol van geheel verschillenden oorsprong voor mijne onderzoekingen gebruikt, waarvan de een stellig van korenbrandewijn en de andere, zoo als mij is verzekerd, van de druif afkomstig was; beiden werden mij geleverd onder den naam van absoluten alcohol, en bevatten iets meer dan 1 percent water; deze alcohol verloor zijne laatste sporen water eerst na ééne distillatie met hard gedroogde koolzure potasch en vijf achtereenvolgende distillaties met gebranden kalk, met welke ontwateringsmiddelen de alcohol telkens gedurende eenige dagen op eene warme plaats was neergezet, en van tijd tot tijd geschud. Het bij de distillatie het eerst overkomende werd niet tot de proeven gebruikt, maar diende om de vooraf gedroogde ontvangers (kolfjes van 200 CC.) drie herhaalde malen om te spoelen; de distillatie, die altijd in een waterbad plaats had, werd opgehouden, zoodra ongeveer tweederden van den alcohol was overgekomen. Voor de proeven werd dus noch het eerst noch het laatst overkomende gebruikt. De opmerking van MENDELEJEFF dat waarschijnlijk door het niet weten dat het eerst overkomende eene hoogere dichtheid heeft dan de volgende hoeveelheden, zijne voorgangers voor den absoluten alcohol eene te hooge dichtheid hebben gevonden, is dus niet op mijne proeven van toepassing. Ik herhaal hier uit mijne verhandeling, dat de alcohol niet eerder als absoluut werd beschouwd, voor dat bij twee opvolgende distillatiën, waarbij het produkt der voorgaande gedurende eenige dagen op eene warme plaats had gestaan in eene met caoutchoucstoppen geslo-

tene retort, gevuld met kort vooraf gebrande kalk, de alcohol dezelfde dichtheid bleef aanwijzen. De bij eene dezer proeven verkregen cijfers waren bij 15° C., vergeleken met water van 15° C :

Alcohol vóór de distillatie				0,7990
na distillatie met koolzure potasch				0,7982
na de 1ste distillatie met kalk				0,7979
2de	"	"	"	0,7970
3de	"	"	"	0,7958
4de	"	"	"	0,7953
5de	"	"	"	0,7947
6de	"	"	"	0,7947.

De opmerking van MENDELEJEFF (pag. 242) dat de grootere dichtheid door zijne voorgangers gevonden moet worden toegeschreven aan een verzuim, daar zij geen acht geslagen hebben op de absorptie van vocht uit de lucht en ook van droge lucht bij de distillatie en bij de bewaring van den absoluten alcohol, is ook niet op mijne proeven van toepassing. De omgebogen hals van de glazen buis van den LIEBIG'schen refrigerator paste bijna in de glazen kolfjes, en drong daarin tot eenige centimeters; de kolfjes van 200 CC. waren in weinige minuten gevuld tot hoog in den hals, en daarna gesloten met vooraf in potassaloog, in water en eindelijk in alcohol uitgekookte caoutchoucstoppen, zoodat hoogstens een paar cubiekcentimeters lucht in de fleschjes overbleef. Hoe nu op zulk eene wijze bereide en bewaarde alcohol vochtigheid uit de lucht kan opnemen of meer lucht heeft kunnen absorberen dan bij de proeven van MENDELEJEFF, die toch ook in de lucht heeft gedistilleerd, begrijp ik niet. Dat het feit dat absolute alcohol lucht absorbeert mij bekend was, blijkt uit het vijfde hoofdstuk mijner verhandeling, waar ik over de spanning van den damp van alcohol spreek.

Vergelijken wij nu de uitkomsten der verschillende onderzoekers omtrent de dichtheid van den absoluten alcohol, waarbij ik zoowel de door mij omgerekende bij 15° C., als die door MENDELEJEFF zelf omgerekende bij 20° C. opgeef, wegens het (pag. 118 in de noot) door hem gedane, doch niet bewezen verwijt, dat ik in de reducties en correcties aangebracht aan de

proeven van FOWNES menige fout heb begaan. Ik voeg daarbij de destijds aan mij onbekende cijfers van Professor R. S. MC. CULLOH, die in 1848 uitvoerige onderzoekingen gedaan heeft voor het Gouvernement der Vereenigde Staten van Noord-Amerika, welke opgenomen zijn in de *Reports from the Secretary of the Treasury of Scientific investigations*, 30 en 31 Congress, Washington 1848 en 1851. Ook de onderzoekingen van MC. CULLOH zijn volgens MENDELEJEFF weinig nauwkeurig (pag. 119); hij bewijst daaraan niet eens de eer ze verder te beoordeelen.

Onderzoekers.	Herleide Dichtheid bij 15° C. Door mij berekend.	Herleide Dichtheid bij 20° C. Door MENDELEJEFF berekend.
LÖWITZ	0,7940	0,7899
RICHTER	0,7950	0,7909
MEISSNER	0,7940	0,7899
MUNCKE en GMELIN	0,7940	0,7895
DE SAUSSURE	0,7950	0,7909
GAY-LUSSAC (1816)	0,7941	
〃 (1822)	0,7940	0,7898
DE GOUVENAIN	0,7976	0,79348
DELEZENNE	0,7984	0,79361
DUMAS en BOULLAY	0,7931	
KOPP	0,7970	0,79277
CONNELL	0,7936	
PIERRE	0,8029	0,79777
DRINKWATER	0,7938	0,78958
FOWNES	0,7938	0,78959
MC. CULLOH	0,7944	
WACKENRODER	0,7941	
POUILLET	0,7940	0,7898
MENDELEJEFF	0,79367	0,78945
V. BAUMHAUER en VAN MOORSEL	0,79406 0,79415	0,7899

Ik geloof dat de mededeeling dezer cijfers en der namen der geleerden die ze hebben gevonden, mijne uitspraak in mijne verhandeling (pag. 11) rechtvaardigen: „Er kan geen twijfel bestaan over de dichtheid van den absoluten alcohol; zij is vrij „juist 0,7940 bij 15° C, vergeleken bij water bij zijne groot-

„ste dichtheid,” en evenzeer de uitspraak van POUILLET (pag. 21 van zijn *Mémoire sur la Densité de l'alcool*): „Après cette „longue discussion et les expériences qui la terminent, je conclus „avec la plus entière conviction que les expérimentateurs qui ne „retombent pas sur les nombres de LÖWITZ et de GAY-LUSSAC „(beiden 0,7940 bij 15° C.) pour la densité de l'alcool, doivent „supposer hardiment qu'ils se trompent; qu'il y a quelque mé- „prise sur la *nature* du liquide ou quelque cause d'erreur dans „la méthode d'observation.”

Zoolang niet andere even nauwkeurige proeven het tegendeel komen bewijzen, blijf ik het er voor houden, dat door water-onttrekking alleen de dichtheid van den aethylalcohol niet lager kan gebracht worden dan tot 0,7940 bij 15° C., vergeleken met water bij zijne grootste dichtheid, en dat de mindere dichtheid die door MENDELEJEFF, CONNEL, FOWNES, DRINKWATER en DUMAS en BOULLAY is gevonden, moet toegeschreven worden aan onzuiveren alcohol of aan gedeeltelijke ontleding bij de bewerkingen tot wateronttrekking; waarbij ik nog de aandacht vestig op hetgeen MENDELEJEFF zegt (pag. 248): „ik moet opmerken „dat de met kalk bereide absolute alcohol een zwakken aether- „achtigen reuk heeft, die door herhaalde distillaties steeds zwak- „ker wordt; hetgeen volgens door mij ingestelde proeven echter „geen invloed uitoefent op de dichtheid van den alcohol.” Aan den door mij bereiden alcohol heb ik nimmer dien aetherreuk waargenomen, en ik geloof niet dat zuivere alcohol dien mag hebben.

Het kookpunt van den absoluten alcohol is gevonden door:

GAY-LUSSAC (1816)	78°,41 C.	bij 760^{mm}
DUMAS en BOULLAY	76°,6	„
YELIN.	77°,3	„
PIERRE	78°,4	„
FOWNES.	80°,7	„
KOPP	78°,4	„
MENDELEJEFF	78°,300 à 78°,307	
V. BAUMHAUER en VAN MOORSEL.	78°,38	

dus door MENDELEJEFF alweder iets lager dan door GAY-LUSSAC,

PIERRE, KOPP en mij, wier uitkomsten allen op 78°,4 terecht komen.

Voor de uitzetting van den absoluten alcohol zijn door verschillende onderzoekers de volgende getallen gevonden, allen berekend op het volumen bij 0° C. = 1:

Temp.	Gay-Lussac.		Muncke.		Kopp.			Mendelej.	v. Baumh. en v. Moorsel.
	1816.	1822.	I.	II.	I.	II.	III.		
5°	1,00506		1,005022	1,005150	1,00517	1,00521	1,00530	1,00521	1,0052
10°	1,01016		1,010164	1,010441	1,01043	1,01047	1,01065	1,01049	1,0103
15°	1,01533	1,01472	1,015414	1,015857	1,01574	1,01578	1,01604	1,01585	1,0156
20°	1,02060		1,020749	1,021384	1,02115	1,02118	1,02151	1,02128	1,0210
25°	1,02600		1,026163	1,027007	1,02666	1,02668	1,02706	1,02678	1,0265
30°	1,03151	1,03094	1,031647	1,032713	1,03229	1,03227	1,03270	1,03238	1,0321

MENDELEJEFF hecht er eene groote waarde aan, dat zijne resultaten zeer nauwkeurig overeenkomen met het gemiddelde uit de drie reeksen door KOPP opgegeven, ofschoon, zoo als hij zelf erkent, de alcohol van KOPP niet absoluut was, doch bij de vergelijking der drie reeksen is het duidelijk dat aan de twee eerste reeksen eene grootere mate van waarschijnlijkheid moet worden gegeven dan aan de derde, die van de beide eersten vrij aanzienlijk afwijkt; mijne uitkomsten en die van MENDELEJEFF verschillen bijna evenveel of liever bijna even weinig van het gemiddelde der twee eerste reeksen van KOPP, terwijl zij gelegen zijn tusschen de uitkomsten van GAY-LUSSAC en die van MENDELEJEFF.

Eindelijk wat de contractie aangaat bij de mengsels van alcohol en water, komt ook MENDELEJEFF tot het besluit, waartoe onze proeven en die onzer voorgangers hadden geleid, dat het maximum van contractie plaats vindt wanneer de verhouding tusschen den alcohol en het water is als 1 molecule $\text{Ꞓ}_2 H_6 \Theta$ en 3 moleculen $H_2 \Theta$, dus bij een mengsel van 46 gewichtsprocenten alcohol en 54 gewichtsprocenten water; de mate dier contractie bedraagt volgens MENDELEJEFF bij 15° C. 3,7840, volgens mijne proeven 3,762, anders gezegd dat 53,703 maten alcohol en 50,060 maten water zich tot 100 maten contraheeren. POUILLET heeft die contractie berekend uit de proeven van GAY-LUSSAC en die gevonden 3,77; zijne uitkomst ligt dus in het midden tusschen de bepalingen van MENDELEJEFF en de onzen.

Dit moge voldoende zijn over het wetenschappelijk gedeelte der

kwestie, waarin, wat de uitkomsten betreft, de onderzoekingen van MENDELEJEFF, naar mijn oordeel, geen nieuw licht hebben verschaft; zijne methode is stellig nauwkeuriger dan die zijner voorgangers; verschillen van eenige beteekenis zijn daardoor niet aangetoond, terwijl wat aangaat de dichtheid van den absoluten alcohol zijne cijfers, mijns inziens, reden geven om aan de zuiverheid van zijnen absoluten alcohol te twijfelen.

Wat de praktische zijde der kwestie betreft, komen wij tot hetzelfde besluit; de door MENDELEJEFF gedane proeven hebben eene groote waarde, dewijl zij allen twijfel, zoo die nog ergens mocht bestaan, wegnemen over de juistheid der basis, waarop de alcoholometrie in de verschillende landen berust, die wij bovenal te danken hebben aan de onderzoekingen van GILPIN in de vorige eeuw, en later aan die van GAY-LUSSAC, wier uitkomsten van elkander niet meer verschillen dan om ± één tiende maatprocent alcohol in de mengsels bij 15° C of 15°,55 C. (60° F.) waarbij de proeven genomen zijn, terwijl die verschillen bij 0° C en 30° C. hoogstens twee tienden van een maatprocent bedragen; wij hebben hieromtrent volkomene zekerheid verkregen, doordien, sedert dat mijne onderzoekingen zijn bekend gemaakt (1860) en waarschijnlijk tengevolge daarvan, wij in het bezit gekomen zijn van de officieelle cijfers, waarnaar GAY-LUSSAC zijne waarden voor zijne: Instruction pour l'usage de l'alcoolomètre centésimal, heeft berekend; daarvan wist men toen alleen iets door eenige door BERZELIUS in de 2de uitgave van zijn handboek (1828) medegedeelde cijfers. COLLARDEAU heeft namelijk in de zitting van 18 November 1861 aan de Fransche Academie medegedeeld de dichtheden van de mengsels van alcohol en water bij 15° C. (water bij 15° C. = 1) vóor ieder maatprocent alcohol, ontleend aan de officieelle tafel van GAY-LUSSAC; daar echter BERZELIUS, aan wien GAY-LUSSAC stellig de genoemde cijfers heeft medegedeeld, alleen spreekt van de mengsels van 30 tot 100 maatprocenten, blijft het nog steeds de vraag of GAY-LUSSAC wel proeven genomen heeft met slappere mengsels, en of de door hem gebruikte cijfers onder de 30 maatprocenten niet uit de proeven zijner voorgangers zijn overgenomen; ook MENDELEJEFF

heeft geene proeven onder de 32 maatprocenten genomen behalve ééne bij ongeveer 12 maatprocenten, die de uitkomsten van GILPIN, DRINKWATER en de onze bevestigt.

Voor onze onderzoekingen hebben wij twee reeksen van mengsels gemaakt, van de twee verschillende alcoholen, waarvan vroeger gesproken is; iedere reeks van 19 verschillende mengsels, ongeveer om 5 percenten verschillende, werd op éénen dag achtereenvolgens en dus onder dezelfde omstandigheden gemaakt, en wel op de volgende wijze. Uit eene flesch, met absoluten alcohol gevuld, die staande in een bak met water op 15° C. werd gehouden, gesloten met eene dubbel doorboorde caoutchoucstop, in welke eene chloorcalciumbuis tot afsluiting der vochtigheid der lucht, en een hevel, die in verbinding was met eene door middel van kwik nauwkeurig verdeelde pipet, werden achtereenvolgens 95, 90 tot 5 CC. alcohol in vooraf goed gedroogde met caoutchoucstoppen geslotene en nauwkeurig gewogen kolfjes van ruim 100 CC. inhoud afgemeten, dadelijk gesloten en afgewogen. Daarna werd de alcoholflesch vervangen door eene flesch gevuld met goed uitgekookt en daarna in het luchtledige bekoeld gedistilleerd water, hetwelk eveneens gedurende de geheele bewerking op 15° C. werd gehouden. In de genoemde kolfjes werd nu op dezelfde wijze 5,10 tot 95 CC. water afgemeten, en weder als vroeger, na sluiting der kolfjes, het gewicht nauwkeurig bepaald. Eerst den volgenden dag, nadat de kolfjes om het halve uur waren geschud en de temperatuur op 15° C. was gebracht, gingen wij tot de dichtheidsbepaling over, waarbij, daar wij geene grootere nauwkeurigheid dan in de vierde decimaal zochten, wij in stede van de groote glazen peer, die wij bij de bepaling van de dichtheid van den absoluten alcohol hadden gebruikt, eene kleinere van omstreeks 13 CC. aanwendden; de door ons gevonden wegingsgetallen zijn in mijne verhandeling opgegeven; met opzet zijn zij door ons niet uitgerekend, maar wij zijn de uitrekening en interpolatie verschuldigd aan de welwillendheid van den Heer Dr. H. C. DIBBITS, thans leeraar aan de hoogere burgerschool te Amsterdam.

Dat niet in onze 38 bepalingen of 152 wegingen hier of daar eene wegingsfout kan voorkomen, wil ik stellig niet ontkennen, doch bij de vergelijking onzer uitkomsten met die der

andere onderzoekers en ook met die van MENDELEJEFF, die de nauwkeurigheid in de bepalingen veel verder heeft gedreven dan wij het noodig hebben geacht, blijkt dat, bij de volkomen overeenstemming in de meeste bepalingen, eenige weinige om *één* tiende maatpercent verschillen, terwijl slechts eens, namelijk bij het mengsel van ongeveer 46 maatpercenten of 39 gewichtsprocenten alcohol, dat verschil *twee* tienden van een maatprocent alcohol bedraagt. Grootere nauwkeurigheid wordt niet alleen niet vereischt, maar zal ook, naar ik overtuigd ben, bij verdere onderzoekingen niet worden verkregen.

Ik gun volgaarne aan MENDELEJEFF de zelfvoldoening dat zijne bepalingen meer dan die van GAY-LUSSAC en de onzen met die van GILPIN overeenkomen (pag. 274), doch ik betwist hem het recht om, zoo als hij aldaar doet, zijne getallen met die van GILPIN, DRINKWATER en GAY-LUSSAC te vergelijken, *onder aanneming* dat de normaal-alcohol van GILPIN, niet zoo als TRALLES heeft berekend 89,2, maar 89,06 gewichtsprocenten absoluten alcohol bevatte en dat de alcohol van GAY-LUSSAC 0,11 en die van DRINKWATER 0,047 gewichtsprocenten water bevatten, en dus niet watervrij waren zoo als wij vroeger gezien hebben.

Een geheel afdoend bewijs eindelijk voor mijne stelling dat het najagen van die groote nauwkeurigheid in de bepaling der dichtheden van mengsels van alcohol en water tot niets leidt, geeft MENDELEJEFF zelf op de laatste bladzijde zijner verhandeling, waar hij eene tabel geeft der dichtheden der mengsels met 5 tot 5 gewichtsprocenten bij 0°, 10°, 20° en 30° C., en daarop laat volgen: „Uit deze onmiddelijk uit de waarnemingen afgeleide „cijfers werd door interpolatie de volgende tabel berekend", en wat blijkt nu bij de vergelijking dezer twee tabellen? Dat de verschillen tusschen de gevonden en berekende cijfers meermalen meer dan 0,0001 bedragen, maar zelfs meer dan 0,0002, zoo als bij het mengsel met 40 gew. percenten bij 20° C., waar gevonden is 0,93511 en berekend 0,93536, een verschil in maatpercenten van *meer dan een tiende;* zelfs eens bedraagt dat verschil meer dan 0,0003, namelijk bij het mengsel met 30 gew. percenten bij 0° C., waar gevonden is 0,96540 en bij de berekening 0,96508, bedragende een verschil van bijna *drietiende* maatpercent; het groote verschil bij 30 percent en 10° C., name-

lijk 0,82515 en 0,85210 is aan eene drukfout toe te schrijven, die zoowel in zijne Russische verhandeling (pag. 115) als in het uittreksel in POGGENDORFF's *Annalen* (pag. 279) voorkomt.

Als resultaat dezer mededeeling volgt, naar mijn oordeel, dat, terwijl wij aan MENDELEJEFF dank verschuldigd zijn voor zijne uitmuntende onderzoekingen, die de resultaten zijner voorgangers bevestigen, er geene reden bestaat om in de tabellen, zoo als ik die voor de administratie in Nederland heb vervaardigd, eenige verandering te brengen.

Ten opzichte van het gebruik mijner tafels buiten Nederland, herhaal ik hier wat ik in het voorwoord dier tafels, pag. 15, heb gezegd: „In Frankrijk, België en Duitschland wordt de „sterkte van het gedistilleerd voor de accijnsheffing, even als „bij de navolgende tafels, in maatpercenten zuiveren alcohol „berekend; in Frankrijk en België, volgens den alcoholometer „van GAY-LUSSAC bij eene normaaltemperatuur van 15° C., en „in Duitschland volgens den alcoholometer van TRALLES bij eene „normaaltemperatuur van $12\frac{4}{9}$° R. ($15\frac{5}{9}$° C.). Ofschoon nu de „soortelijke gewichten, bij het vervaardigen der voormelde alco„holometers tot grondslag genomen, hier en daar iets verschillen „van die tot grondslag genomen bij het berekenen der navol„gende tafels, bedraagt echter het grootste verschil, en zulks „nog slechts hier en daar, $\frac{2}{10}$ à $\frac{3}{10}$ percent, zoodat men, min„stens voor gewone berekeningen, de aanwijzingen dier alcoho„lometers gelijk kan achten met die der navolgende tafels, beiden „bij de temperatuur van 15° C."

OVER DE

SAMENSTELLING VAN HET PALMPITTENVET.

DOOR

A. C. OUDEMANS Jr.

Voorgedragen in de gew. vergad. van 19 Maart 1870.

Het is algemeen bekend, dat het oranjekleurige palmvet, gewoonlijk palmolie genoemd, van eene palmsoort afkomstig is, die langs de geheele westkust van Afrika groeit en die door de plantkundigen Avoira elais (syn. Elaeis guineensis) wordt geheeten.

Het is uitsluitend uit het vruchtvleesch, dat de inboorlingen langs vrij gebrekkigen weg vet bereiden; de harde van het vruchtvleesch ontdane pitten worden door hen niet gebruikt en leverden tot voor weinige jaren hoegenaamd geen nut op. Thans worden ze op de schepen, die palmolie aanvoeren, als aanvulling van de tusschenruimten tusschen de vaten, naar Europa overgebracht en daar uitgeperst. Naarmate van de min of meer zorgvuldige behandeling waaraan ze zijn onderworpen, geven ze aldus een bijna wit of meer geel gekleurd vet in vrij ruime hoeveelheid.

In de laatst verloopene jaren heeft de bereiding van dit zoogenaamde palmpittenvet een zoodanigen omvang gekregen, dat daardoor een aanzienlijke invloed op den prijs van andere vetsoorten wordt uitgeoefend. Inzonderheid wordt het palmpittenvet ter bereiding van zeep, als surrogaat voor de eenigszins duurdere kokosolie gebezigd.

Men onderscheidt in den handel naar de plaats van afkomst

verschillende soorten van palmpitten, die niet alle een even edel produkt leveren; onder anderen Lagos-, Congo-, Acra-, Benin-, Loanda-, Sherbro-pitten enz.

Tot nog toe bezitten wij weinig gegevens omtrent het vetgehalte der palmpitten; doch het schijnt, dat dit in het algemeen tamelijk sterk kan uiteenloopen.

De Hoogleeraar J. W. GUNNING heeft voor eenige jaren een onderzoek omtrent het gehalte aan vet van de palmnoten in haar geheel verricht *). Hij vond in het vruchtvleesch 38 pCt. vet van eene oranjegele kleur, hebbende een smeltpunt van 26° C.; in de pitten daarentegen vond hij slechts 21 pCt. vet. De pitten ontdaan van de schillen, maakten 20.2 en het vruchtvleesch 28.7 procent van de versche vrucht uit.

Naar eene mededeeling, die mij door een deskundige werd gedaan, leveren palmpitten, in het groot geperst, van 35 tot 45 procent vet op.

Een oppervlakkig onderzoek omtrent de geaardheid van het palmpittenvet is voldoende om de overtuiging te schenken, dat het in samenstelling van de palmolie moet afwijken; doch tot nog toe is omtrent de oorzaak van het verschil niets bekend geworden.

Deze omstandigheid en het hooge belang van de meer gemelde vetsoort voor handel en nijverheid spoorden mij aan, haar aan een naauwkeurig scheikundig onderzoek te onderwerpen.

De uitkomsten van dit onderzoek zijn in het volgende opgeteekend.

$1\frac{1}{2}$ Kilogram palmpittenvet werd met kali verzeept; uit de zeep werden door zachte verwarming met een overmaat van zwavelzuur de vetzuren afgescheiden: na bekoeling waren deze zoo vast geworden, dat ik ze van het onderstaande vocht kon afscheiden en met koud water kon afwasschen.

Het grootste deel daarvan (ongeveer $\frac{2}{3}$) werd nu in een ko-

*) Zie *de Volksvlijt*, Tijdschrift voor nijverheid, landbouw, handel en scheepvaart. 1861. blz. 247.

peren vertinden destilleertoestel met water aanhoudend gekookt; het overkomende vocht werd zorgvuldig afgekoeld en opgevangen en tevens werd gezorgd, dat het verdampende water van tijd werd aangevuld.

Het destillaat, dat ten bedrage van ongeveer 4 liters werd verzameld, bestond uit eene heldere, met een zwakken reuk bedeelde vloeistof (A), waarop eene betrekkelijk geringe hoeveelheid van een vast vetzuur (B) dreef.

De vloeistof A werd met baryt verzadigd; daarbij scheidde zich dadelijk eene geringe hoeveelheid van een in water bijna onoplosbaar baryumzout (C) af; het hiervan afgefiltreerde vocht werd nu uitgedampt tot een volumen van ongeveer 50 CC. Bij bekoeling zette zich een zeer geringe hoeveelheid (eenige centigrammen) van een baryumzout af, dat, te oordeelen naar zijne oplosbaarheid in water, *baryum-caprylaat* moest zijn. Met zoutzuur ontleed, gaf het eene geringe hoeveelheid van eene olieachtige vloeistof, die bij sterke afkoeling stolde en even boven 10° C. weder smolt. De reuk daarvan kwam volkomen met dien van uit kokosolie bereid *caprylzuur* overeen. De hoeveelheid was te gering, om er eene analyse van te verrichten.

De van baryum-caprylaat afgescheiden moederloog, bleek een vrij oplosbaar baryumzout te bevatten, dat, te rekenen naar zijne oplosbaarheid in water en naar de eigenschappen van het daaruit afgescheiden vetzuur niet anders kon zijn dan *baryum-caproaat*. De reuk van het vrije vetzuur was gelijk aan dien van uit kokosolie bereid *capronzuur*. Tot mijn leedwezen veroorloofde de geringe hoeveelheid van het gewonnen produkt mij niet, de verkregene resultaten door de uitkomsten van eene analyse te bevestigen.

Wat nu het zout C betreft, dat zich bij de verzadiging van het waterige destillaat met baryt had afgescheiden, dit werd gevoegd bij de met baryt verzadigde vetzuren B, die bij het destilleeren met water waren overgekomen, maar zich niet daarin hadden opgelost.

Daar ik de aanwezigheid van *caprinzuur* in dit deel van het destillaat vermoedde, kookte ik de vaste baryumzouten met zeer groote hoeveelheden water uit en verzamelde ik de geringe hoeveelheden kristallijn baryumzout, die zich uit de gefiltreerde vloei-

stof bij bekoeling afscheidden. Na veel moeite en herhaald kristalliseeren uit slappen alcohol (waarbij het eerst zich afzettende zout werd ter zijde gesteld) gelukte het mij, een paar decigrammen van eene verbinding te bereiden, waarvan de samenstelling, naar het baryumgehalte te oordeelen, inderdaad met de formule $Ba(C_{10}H_{19}O_2)_2$ overeenkwam.

Immers 0.3124 gram daarvan gaven na gloeijing en voorzichtige behandeling met zwavelzuur 0.1534 gram baryumsulfaat, overeenkomende met 0.1007 gram of 28.9 pCt. baryum. De bovenstaande formule vordert 28.6 pCt. Ba.

Het smeltpunt van het uit een klein deel van het barytzout afgescheiden zuur was 29^0 en kwam dus met dat van *caprinzuur* genoegzaam overeen.

Terwijl uit het tot dusverre uitgevoerde onderzoek bleek, dat capronzuur, caprylzuur en caprinzuur slechts in uiterst geringe hoeveelheden (te samen naauwelijks $\frac{1}{4}$ procent van het geheel) aanwezig waren, was het gemakkelijk het voorkomen van groote hoeveelheden laurinezuur en palmitinezuur aan te toonen.

Daartoe nam ik mijn toevlucht tot datgene, wat na langdurige destillatie van de ruwe vetzuren met water, in den retort was teruggebleven.

Omdat het mij bij eene voorloopige proef gebleken was, dat dit teruggeblevene oliezuur bevatte, achtte ik het raadzaam, de vetzuren van de reeks $C_nH_{2n}O_2$ door kristallisatie uit alcohol zooveel mogelijk daarvan af te zonderen. Ik loste dus het geheele residu in alcohol op en voegde daarbij zooveel water als de oplossing, zonder troebel te worden, verdragen kon. Nu plaatste ik het vocht in een mengsel van glauberzout en zoutzuur. Allengs zette er zich eene groote hoeveelheid vast vetzuur af; dit werd in de open lucht bij lage temperatuur (de thermometer teekende + 3 C.) afgefiltreerd en met slappen op 0^0 afgekoelden alcohol uitgewasschen. Vervolgens werd de inhoud van het filtrum in warmen alcohol van 93 pCt. opgelost en volgens de methode van HEINTZ aan gefractioneerde praecipitatie met baryum-acetaat blootgesteld.

De eerste op elkander volgende nederslagen, met zoutzuur ontleed, gaven zuren, die na kristallisatie uit alcohol, de volgende smeltpunten vertoonden.

N°. 1	. . . . 53°	C.
〃 2	. . . . 52°	〃
〃 3	. . . . 51°	〃
〃 4	. . . . 53°	〃
〃 5	. . . . 52°	〃
〃 6	. . . . 50°	〃
〃 7	. . . . 49°	〃
〃 8	. . . . 46°	〃
〃 9	. . . . 46°	〃

De zuren N°. 10 tot N°. 22 kristalliseerden niet meer uit alcohol van 80 pCt bij bekoeling, maar vertoonden, bij vrijwillige verdamping van hunne oplossing, de eigenaardige efflorescenties, waaraan het laurinezuur te herkennen is.

Niets was natuurlijker, dan te vooronderstellen, dat men hier voornamelijk met een mengsel van myristinezuur en laurinezuur te doen had; en toch meende ik uit de wijze van kristalliseeren en de geringe oplosbaarheid van de vetzuren N°. 1—6 te mogen opmaken, dat zij in elk geval ook palmitinezuur moesten bevatten.

Dit vermoeden werd dan ook bevestigd, toen ik de zuren N°. 1—5 te zamen een paar malen uit alcohol liet kristalliseeren en toen nogmaals door gefractioneerde praecipitatie met magnesium-acetaat in verschillende gedeelten scheidde. Ik verkreeg nu het volgende resultaat:

A	Smeltpunt	56°	C.
B	〃	57°	〃
C	〃	58°	〃
D	〃	61°	〃
E	〃	61.5	〃
F	〃	61°	〃
G	〃	60°	〃
H	〃	56°	〃
I	〃	52°	〃
K	〃	48°	〃
L	〃	45°	〃

De omstandigheid, dat de eerste vetzuren A, B, C en D na het kristalliseeren uit alcohol een lager smeltpunt bezaten naarmate ze uit vroeger nedergeslagene magnesiumzouten afkomstig waren, bewees genoegzaam, dat deze eerste gedeelten mengsels van *stearinezuur* en *palmitinezuur* moesten zijn; doch dit werd in elk geval bevestigd door eene analyse van de te samen nog tweemaal uit alcohol gekristalliseerde zuren A en B Het gezuiverde vetzuur had een smeltpunt van 57° C.; 0.1718 gram daarvan gaven 0.4759 gram CO_2 en 0.2211 gram H_2O, hetgeen overeenkomt met

C 75.5
H 12.8

Volgens HEINTZ komt een smeltpunt van 57° aan een mengsel van gelijke deelen stearinezuur en palmitinezuur (C 75.6 H 12.6) toe.

Ten aanzien van de aanwezigheid van stearinezuur moest ik mij hiermede tevreden stellen, omdat ik geen kans zag, om door eene nogmaals herhaalde scheiding van de beschikbare geringe hoeveelheid vetzuur, *zuiver* stearinezuur in genoegzame hoeveelheid af te scheiden, om er eene analyse van te verrichten.

Wat nu de zuren D—G betreft, de smeltpunten daarvan toonden reeds genoegzaam aan, dat ze uit *palmitinezuur* bestonden; hiervoor pleiten ook de uitkomsten van de volgende analysen.

1) 0.1775 gram van het zuur D gaven 0.4882 gram CO_2 en 0.2256 gram H_2O.

2) 0.2015 gram van het zuur E gaven 0.5542 gram CO_2 en 0.2291 gram H_2O.

3) 0.2202 gram van het zuur F gaven 0.6073 gram CO_2 en 0.2499 gram H_2O.

4) 0.2206 gram van het zuur G gaven 0.6072 gram CO_2 en 0.2483 gram H_2O.

Hieruit berekent men de volgende procenten aan kool- en waterstof:

	1	2	3	4	$C_{16}H_{32}O_2$
C	75.0	75.0	75.2	75.0	75.0
H	12.7	12.6	12.6	12.5	12.5

Te vergeefs heb ik getracht, in de verschillende mengsels H—L en in de overgeblevene moederloogen myristinezuur aan te toonen.

Telkens wanneer ik een zuur van een lager smeltpunt dan 62° C. op nieuw, volgens de methode van HEINTZ behandelde, verkreeg ik slechts palmitinezuur en laurinezuur. Indien in het palmpittenvet trimyristine voorkomt, (en ik acht dit wel waarschijnlijk) dan maakt zij in elk geval slechts een zeer gering gedeelte er van uit.

Ik heb boven (bl. 313) reeds vermeld, dat de zuren uit de baryumzouten N°. 10—22 uit sterken alcohol, bij bekoeling niet kristalliseerden. Nadat ik ook hierin te vergeefs myristinezuur had gezocht, bleef mij niet anders over, dan daarin de aanwezigheid van *laurinezuur* met zekerheid aan te toonen. Daartoe werden de alcoholische oplossingen van de gemelde zuren N°. 10—22 te samen vermengd, met kali verzadigd, op een waterbad tot droogwordens toe uitgedampt en met verdund zwavelzuur gedestilleerd. Het met water overkomende bleek één zelfstandig geheel uit te maken en smolt bij 43° C. De analyse daarvan leverde de volgende uitkomsten op:

1) 0.1996 gram van het praeparaat gaven 0.5255 gram CO_2 en 0.2180 gram H_2O.

2) 0.2020 gram gaven 0.5330 gram CO_2 en 0.2201 gram H_2O.

3) 0.2115 gram gaven 0.5561 gram CO_2 en 0.2300 gram H_2O.

Hieruit berekent men de volgende procenten aan C en H:

	1	2	3	$C_{12}H_{24}O_2$
C	71.8	71.9	71.7	72.0
H	12.1	12.1	12.1	12.0

Ofschoon eene voorloopige proef, waarbij de oplosbaarheid van een deel der nedergeslagene loodzouten in aether was gebleken, de aanwezigheid van *oliezuur* zeer waarschijnlijk maakte, heb ik toch getracht daaromtrent op de volgende wijze volkomene zekerheid te erlangen.

Ongeveer 200 gram palmpittenvet werd verzeept, de zeep

werd in water opgelost en met lood-acetaat nedergeslagen. De loodpleister werd aan de lucht gedroogd en met aether uitgetrokken; verder werd de aetherische oplossing met zoutzuur in overmaat geschud en, nadat de aetherische oplossing van oliezuur zich had afgescheiden, deze in een stroom zuiver waterstofgas op een waterbad gedestilleerd.

Door het dikvloeibaar residu werd gedurende eenige minuten salpeterigzuur-anhydride gevoerd, hetgeen weldra het vastworden van de hoofdmassa der organische stof ten gevolge had; deze uit alcohol eenige malen gekristalliseerd, had een smeltpunt van 45° C. en bleek, zooals de uitkomst van de volgende analyse bewijst, *elaidinezuur* te zijn.

0.2076 gram gaven 0.5833 gram CO_2 en 0.2280 gram H_2O of:

		$C_{18}H_{34}O_2$
C	76.6	76.6
H	12.2	12.1

Uit het tot nog toe medegedeelde blijkt, dat het palmpittenvet hoofdzakelijk uit glyceriden van *laurinezuur*, *palmitinezuur*, *stearinezuur* en *oliezuur* bestaat, maar bovendien zeer kleine hoeveelheden *tricaprine*, *tricapryline* en *tricaproine*, wellicht ook (doch hieromtrent is niets gebleken) *trimyristine* bevat.

Het kwam mij zeer wenschelijk voor, al was het dan ook maar bij benadering, de betrekkelijke hoeveelheid der meest gewichtige bestanddeelen van het vet te leeren kennen; ik ben daarin werkelijk langs den volgende weg geslaagd.

1°. Eenige grammen vet werden volkomen verzeept; de zeep werd met zwavelzuur afgescheiden en voorts de geheele vloeistof met een overmaat van natrium-carbonaat op een waterbad tot droogwordens toe uitgedampt en daarna gedurende een paar uren in een droogstoof op 120° gehouden. Daarna werd de fijngewreven massa geheel met absoluten alcohol uitgetrokken, de alcoholische oplossing door een warm filtrum gegoten en dit laatste met warmen alcohol uitgespoeld.

De alcoholische vloeistof kon nu niet anders bevatten dan de

neutrale zouten van al de gezamenlijke vetzuren en *glycerine*. Zij werd met een weinig water verdund, om de geleiachtige zeep, die zich bij bekoeling had afgescheiden, op te lossen: verder werd zij met een overmaat van lood-acetaat neêrgeslagen. Het praecipitaat werd vervolgens met water uitgewasschen en onder een exsiccator volkomen gedroogd. Nu werd het droge poeder met aether uitgetrokken, de aetherische oplossing door een op 100° C. gedroogd filtrum van bekend gewigt gegoten en dit laatste met aether uitgespoeld. Het filtraat werd verdampt en het op 100° C. gedroogde residu gewogen en als neutraal lood-oleaat in rekening gebracht.

Het filtrum werd insgelijks op 100° gedroogd en gewogen, en uit de toename aan gewicht die het had ondergaan, de hoeveelheid der loodzouten van de zuren $C_n H_{2n} O_2$ bepaald.

2°. De laatstelijk genoemde loodzouten van de zuren $C_n H_{2n} O_2$ werden met zoutzuur ontleed; het afgescheiden vetzuur werd door oplossen in aether van aanhangend chloorlood bevrijd. Voorts werd het gewicht van het in de aetherische oplossing aanwezige vetzuur, door verdampen en droogen op 100° bepaald en de geheele hoeveelheid in een glazen retort zoo lang met water gedestilleerd, als er nog iets vluchtigs overkwam Deze bewerking duurde eenige dagen, niettegenstaande slechts ongeveer 2 gram vetzuur in den retort waren gebracht.

Het destillaat (bevattende laurinezuur, met sporen van capron-, capryl- en caprinzuur) werd met een overmaat van kali uitgedampt, de zeep door zwavelzuur ontleed en het afgescheiden vetzuur door schudden met aether afgezonderd. Door verdamping van de aetherische oplossingen en drogen op eene temperatuur van 80° C. werden de vluchtige vetzuren in zuiveren staat gewonnen.

Langs dezen weg leerde ik dus de betrekkelijke hoeveelheid van vluchtig en niet vluchtig vetzuur kennen; waarvan het eerste bijna geheel uit laurinezuur en het laatste, naar mijne schatting voor ongeveer $\frac{1}{8}$ uit stearinezuur en voor $\frac{7}{8}$ uit palmitinezuur bestond.

Ziehier nu de uitkomsten van het onderzoek:

Proef I.	Lood-oleaat gevonden	1.066
	Loodzouten der zuren $C_n H_{2n} O_2$ gevonden. .	3.100

Proef II. Vetzuren $C_n H_{2n} O_2$ afgewogen. 1.806
Vluchtige vetzuren, door destillatie met water daaruit verkregen 1.089

Neemt men aan, dat het palmpittenvet uit neutrale glyceriden bestaat, dan vindt men door berekening:

1°. dat de hoeveelheid 3.100 aan loodzouten van $C_n H_{2n} O_2$ bestond uit 1.758 gr. lood-lauraat en 1.342 gr. lood-palmitaat en lood stearaat;

2°. dat met de betrekkelijke hoeveelheid der loodzouten overeenkomt de volgende betrekkelijke hoeveelheid neutrale vetten:

1.066	gr.	lood-oleaat	= 0.817	trioleine.
1.758	〃	lood-lauraat	= 1.236	trilaurine.
1.342	〃	lood-stearaat lood-palmitaat	= 1.009	tristearine + tripalmitine.

of, hetgeen op hetzelfde neêrkomt:

Trioleine	26.6 pCt.
Tristearine Tripalmitine (Trimyristine?)	33.0 〃
Trilaurine Tricaprine Tricapryline Tricaproine	40.4 〃

Oppervlakkig beschouwd komt het bedenkelijk voor, om zich in te laten met berekeningen aangaande de procentische samenstelling van een mengsel, waarvan één der bestanddeelen (in dit geval vertegenwoordigd door de som van palmitine en stearine) in hoeveelheid niet *juist* bekend is. Immers de cijfers voor de betrekkelijke hoeveelheid loodzout en glyceriden der vluchtige en niet vluchtige zuren $C_n H_{2n} O_2$ is bij de gevolgde wijze van berekening afhankelijk van de samenstelling dezer verbindingen zelve, en daar nu de hoeveelheid stearinezuur, die onder de niet vluchtige vetzuren voorkomt, slechts *naar schatting* op $\frac{1}{8}$ is bepaald, zoo moet het cijfer voor de hoeveelheid tripalmitine + tristearine onzeker zijn.

Wanneer men intusschen dieper in de zaak doordringt, blijkt het al spoedig, dat eene aanzienlijke fout, die bij die ruwe schatting gemaakt wordt slechts zoo verkleind op het eindresultaat overgaat, dat ze voor eene analyse als die door mij is verricht, van geen belang is. Om dit nader in het licht te stellen, deel ik mede dat, wanneer de vaste niet vluchtige vetzuren *geheel als stearinezuur* worden in rekening gebracht, de verhoudingen tusschen de bestanddeelen aldus worden gewijzigd:

Trioleine	0.817	=	27.0	pCt.
Tristearine	0.958	=	31.7	〃
Trilaurine	1.249	=	41.3	〃

OVER DE
VOLUMETRISCHE BEPALING VAN IJZER
DOOR
NATRIUM-HYPOSULFIET.

DOOR

A. C. OUDEMANS, Jr.

Voorgedragen in de gewone Vergadering van 19 Maart, 1870.

Voor ongeveer drie jaar heb ik (*Zeitschrift für analytische Chemie*, VI. 129; *Archives Neerlandaises*, IV. 55) eene methode voorgesteld ter bepaling van ijzer in ferried-zouten, daarop berustende, dat deze bij aanwezigheid van eene kleine hoeveelheid van eenig cupried-zout, onder den invloed van natrium-hyposulfiet eene geleidelijke en snelle reductie ondergaan, waarvan het einde door het verbleeken van de met kalium-rhodanied gekleurde vloeistof wordt aangegeven.

Deze methode is onlangs door F. MOHR in de derde uitgave van zijn *Lehrbuch der chemisch-analytischen Titrirmethode* aan eene kritiek onderworpen, waarvan de slotsom is, dat zij geheel onbruikbaar is.

Ik kan de door MOHR geleverde beoordeeling niet onbeantwoord laten, eensdeels omdat ik niet geacht wil worden in het door hem gevelde vonnis te berusten en anderdeels omdat de door hem aangevoerde redenen grootendeels van allen grond zijn ontbloot en het bewijs leveren, dat hij mijne oorspronkelijke verhandeling niet of slechts zeer vluchtig heeft gelezen en in elk geval het beginsel, waarop de methode berust, niet heeft begrepen.

„Diese Methode” aldus vangt MOHR (t. a. p. S. 291) zijne beoordeeling aan, „hat sich mir als vollkommen unbrauchbar „herausgestellt, denn es entsteht immer gegen das Ende ein „trübmachender Niederschlag von Kupferrhodanür, der jede „weitere Unterscheidung unmöglich macht. Wenn man trotz „des Niederschlags mit unterschwefligsaurem Natron vollkom„men die Farbe fortnimmt, und noch einige Tropfen Kupferlö„sung zusetzt, so vermehrt sich der Niederschlag bedeutend „und es tritt wieder die rothe Farbe des Eisenrhodanids auf. „Es hängt also die Menge des zuzusetzenden Hyposulfits von „der Menge des zugesetzten Kupfervitriols ab.”

Wat door MOHR in den aangehaalden eersten volzin wordt beweerd, is niet geheel juist. Wanneer men bij het toevoegen van kalium-rhodanied en van koperzout zekere grenzen overschrijdt, dan ontstaat inderdaad altijd een neêrslag; maar wanneer de hoeveelheid van een der beide bovengenoemde reactieven slechts zeer klein is, blijft de vloeistof helder en verliest zij, bij het toevloeien van natrium-hyposulfiet allengs hare kleur, totdat zij ten laatste geheel is opgebleekt. In mijne oorspronkelijke verhandeling schreef ik voor, om aan de zure ijzer-oplossing één of twee druppels van eene tamelijk sterke kopervitriool-oplossing en 2—5 C.C. kalium-rhodanied-oplossing van 1 pCt. toe te voegen. Op die wijze heb ik vroeger een aantal proeven verricht, waarvan de uitkomsten weinig te wenschen overlieten *).

Later heb ik gevonden, dat het beter was, wat meer koperzout en daarentegen veel minder kalium-rhodanied te bezigen. Daar het welgelukken van de proef van de hoeveelheden der toegevoegde reactieven afhankelijk is, acht ik het niet overbodig daaromtrent in nadere bijzonderheden te treden. Ik voeg bij de ijzer-oplossing, onverschillig of zij meer of min geconcentreerd is, 3 C.C. van eene oplossing van kopervitriool van 1 pCt., voorts

*) Ik veroorloof mij, als tegenhanger van de door MOHR gegevene kritiek hier aan te halen eene verhandeling van CARL BALLING (*Oesterreich. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen*, 1869. N°. 19. DINGLER'S P. J. 192. S 410; FRESENIUS, *Zeitschrift für analytische Chemie*. IX. S. 99), waarin deze zijne tevredenheid over de door mij gegevene methode betuigt, en verklaart geene grootere fouten dan van 0.3 pCt. te hebben gemaakt.

2 C.C. sterk zoutzuur en voor elke 100 C.C. der ijzerhoudende vloeistof 1 C.C. kalium-rhodanied-oplossing (1 pCt.). Het vrije zoutzuur, wel verre van te schaden, oefent veeleer een gunstigen invloed op de reactie uit, zoo de temperatuur slechts niet te hoog wordt opgevoerd. Het gaat buitendien de vorming van cupro-rhodanied tegen.

Het is mij gebleken, dat het verkieselijk is, geconcentreerde oplossingen (mits ze niet *al* te veel vrij zuur bevatten) niet te verdunnen, maar dadelijk na de toevoeging van KRn en Cu SO_4 de oplossing van hyposulfiet aanvankelijk straalswijze, later bij druppels te doen toevloeien; daarbij behoort het vocht steeds in beweging te worden gehouden.

Wat nu in den 2^en^ en 3^en^ volzin van MOHR's recensie is bevat, kan ik volkomen beamen. Zoodra er een neêrslag ontstaat, is de proef verloren; maar de vorming daarvan moet ook juist *vermeden* worden. Dat dit mogelijk is, daarvan kan ieder zich overtuigen, die de proef er van neemt, maar dan ook het boven gegeven voorschrift getrouw volgt.

Volgen wij intusschen MOHR verder:

„Dies ist wirklich die erste vorgeschlagene Methode, wo zwei „Indicatoren mitspielen. Allein der Kupfervitriol ist an sich „kein Indicator, sondern er spielt selbst in der Zersetzung mit, „zerstört einen Theil des Hyposulfits, der nachher dem Eisen- „oxyd auf die Rechnung gesetzt wird. Wenn man Kupfervitriol „mit unterschwefligsaurem Natron zusammenbringt, gelinde „erwärmt und nun Rhodankalium zusetzt, so entsteht der grau- „blaue Niederschlag, welcher dem Kupferjodür ähnlich sieht. Na- „türlich ist auf seine Entstehung ein Theil des unterschwe- „fligsauren Natrons verwendet worden, und das ist falsch bei „einem Indicator.”

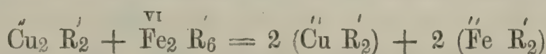
De verschijnselen, in de beide laatste volzinnen beschreven, zijn te bekend, om er bij stil te staan. MOHR brengt ze geheel verkeerdelijk in verband met de reactie, die aan mijne methode ten grondslag ligt en geeft een geheel valsche voorstelling van hetgeen ik heb bedoeld en geschreven.

Immers, ik bezig het koperzout niet als *indicator*, maar als middel, om de reductie van het ijzerzout door hyposulfiet te bespoedigen. Het kalium-rhodanied *alleen* is hier indicator; maar

het koperzout, dat beurtelings onder den invloed van het hyposulfiet in cupro-zout en onder dien van het ferriedzout in eene cupried-verbinding wordt omgezet, speelt eene rol als die van de zoogenaamde contact-stoffen. (FRESENIUS, *Zeitschrift* VI. 131—132).

Geheel ten onrechte beweert MOHR, dat het koperzout een deel van het hyposulfiet ontleedt; want, indien de titratie is afgeloopen, en men juist genoeg hyposulfiet heeft toegevoegd, om de vloeistof geheel te doen verbleeken (maar ook niet meer), dan is het koperzout ten slotte als cupried-verbinding in de vloeistof. Wordt er nu *nog meer* van het reactief toegevoegd, *dan begint eerst* duurzaam cupro-zout gevormd te worden, en dit blijft als zoodanig bestaan, omdat er geene stoffen aanwezig zijn, die het in cupried-verbinding zouden kunnen omzetten.

Ik heb dit alles in 1867 (*Zeitschr. f. anal. Chem.* VI. S. 131 sq) reeds vermeld, doch moest het nu nog eens breeder uiteenzetten, omdat het schijnt, dat het vroeger medegedeelde niet duidelijk genoeg was, althans door MOHR niet is begrepen. Doch wellicht heb *ik* de bedoeling van MOHR niet geheel begrepen; misschien meent hij, dat het hyposulfiet eerst duurzaam het toegevoegde koperzout en dan eerst het ijzerzout reduceert. Dat dit het geval niet *kan* zijn, blijkt genoegzaam uit hetgeen wij weten ten aanzien van de werking, die zure oplossingen van cupro-zouten op oplossingen van ferried-zouten uitoefenen; eene werking, die in korte woorden aldus kan worden samengevat, dat ferried-zouten door cupro-zouten volgens de algemeene formule



$$\overset{''}{Cu_2}\,\overset{'}{R_2} + \overset{VI}{Fe_2}\,\overset{'}{R_6} = 2\,(\overset{''}{Cu}\,\overset{'}{R_2}) + 2\,(\overset{''}{Fe}\,\overset{'}{R_2})$$

worden herleid, zoolang de voorwaarden voor de vorming van eene onoplosbare cupro-verbinding niet bestaan. Welke deze voorwaarden zijn, is niet met een enkel woord aan te duiden; zeker zijn ze echter afhankelijk van de concentratie der vloeistoffen, van de aan- of afwezigheid van vrije zuren, enz.

Het onhoudbare van de zoo even opgeworpen stelling blijkt echter nog uit het volgende:

1°. dat eene mindere of meerdere hoeveelheid kopervitriool (mits er geen neêrslag van cupro-rhodanied ontsta) niets afdoet tot de hoeveelheid hyposulfiet, die ter ontkleuring van eene be-

paalde hoeveelheid met kalium-rhodanied bedeelde ferried-verbinding wordt vereischt;

2°. dat bij het bepalen van ijzer in *kopervrije* oplossingen volgens MOHR (verwarmen met KI en bepalen van het afgescheiden Jodium door hyposulfiet) resultaten worden verkregen, geheel overeenkomstig met die welke *mijne* methode geeft bij het titreeren van dezelfde ijzer-solutie, onder toevoeging van *verschillende* hoeveelheden kopervitriool; hetgeen onmogelijk zou zijn zoo het toegevoegde koperzout een storenden invloed uitoefende.

MOHR besluit zijne kritiek met de volgende woorden:

„Es liegt übrigens kein Bedürfniss zu dieser Abänderung vor, „da schon viel schärfere Methoden existiren. Die Beurthei„lung des Endes der Operation ist bei OUDEMANS viel unsiche„rer als bei jeder der anderen Methoden. Der Entdecker emp„fiehlt allerdings wenig Kupferlösung anzuwenden, allein er weiss „ja auch nicht, wieviel Eisenoxyd er vor sich hat, und bringt „also ein willkürliches Element in die Arbeit."

Na hetgeen boven is gezegd, zal het onnoodig zijn, het onjuiste van de in dezen laatste volzin bevatte bewering aan te toonen.

Er blijft mij dus slechts over te antwoorden op het verwijt, in de beide eerste volzinnen opgesloten.

Ik geef volgaarne toe, dat er zeer naauwkeurige methoden bestaan voor de bepaling van ijzer in de zoogenaamde ferriedzouten; maar de meesten zijn tijdroovend. Het reduceeren van ferried-zouten door zink (om later met chamaeleon te kunnen titreeren) vordert veel tijd; de bepaling volgens MOHR eischt naar het door hem gegevene voorschrift $\frac{1}{2}$ uur en men is nooit *zeker*, dat de reductie na dien tijd *geheel* is afgeloopen; de bepaling door kalium-dichromaat (na voorafgaande langwijlige reductie) is onaangenaam, omdat de vloeistof gekleurd blijft en men het einde der reactie slechts door „Tüpfeln" kan leeren kennen; de reductie van ferried-zouten door tin-dichloried vordert weder veel tijd, daar het reactief allengs bij de kokende vloeistof moet worden gebracht en men altijd vooraf het titre van het reactief moet bepalen.

Bij deze grieven is nog niet eens in aanmerking genomen,

dat men bij de methode van MARGUERITE afhankelijk is van de zuiverheid van het ter reductie gebruikte zink, en veelal de gereduceerde oplossing moet affiltreeren van een residu van kool of metaal (lood uit het zink enz.), waardoor op nieuw aanleiding wordt gegeven tot het vormen van ferriedzout — dat men bij de methode van MOHR afhankelijk is van de zuiverheid van het gebruikte kalium-jodide; dat het atoom-gewicht van het chromium en dus ook het moleculair-gewicht van het kalium-dichromaat onzeker is, enz.

Ieder, die de boven opgenoemde gebreken van de bestaande methoden ter bepaling van ijzer in ferried-zouten gevoelt, zal het nu wel begrijpelijk vinden, dat ik naar eene geschikte handelwijze zocht, om in korten tijd vele bepalingen van ijzer te kunnen uitvoeren. Ik meende die gevonden te hebben in de reactie van natrium-hyposulfiet tegenover ferried-zouten, toen ik bemerkte dat anderen mij vóór waren geweest en dat SCHERER, LANDOLT en KREMER het hyposulfiet reeds tot hetzelfde doel hadden gebezigd.

Bij het bestudeeren van de verschijnselen, die bij de werking van natrium-hyposulfiet op ferried-zouten worden waargenomen, ontdekte ik toevallig, dat de reductie van deze laatsten door de aanwezigheid van koperzouten zeer wordt bespoedigd en zoo kwam ik dan eindelijk tot het vinden van de vroeger in het *Zeitschr. f. anal. Chem.* medegedeelde methode, die mij steeds zeer bevredigende uitkomsten heeft gegeven en die ook anderen aannemelijk is voorgekomen (zie de op bl. 321 aangehaalde verhandeling van C. BALLING).

Het einde der reactie is waarlijk niet zoo moeilijk waar te nemen als MOHR het wil doen voorkomen; het komt hier slechts op een weinig oefening aan. Het geleidelijk opbleeken van de vloeistof, waardoor men zoo gemakkelijk kan beoordeelen, hoever men met de omzetting reeds is gevorderd, levert aan den anderen kant een voordeel op, dat bij geene der andere methoden, althans niet in die mate, wordt teruggevonden.

Ik heb echter getracht, aan het te dien aanzien door MOHR gemaakte bezwaar tegemoet te komen, door het aanbrengen van eene kleine verbetering, die toelaat bij gelijke snelheid van werken, eene grootere naauwkeurigheid te bereiken. Zij bestaat

daarin, dat ik op dezelfde wijze te werk ga als boven is beschreven, met dit onderscheid, dat ik, zonder angstvallig het tijdstip af te wachten, waarop de vloeistof juist genoeg hyposulfiet heeft ontvangen om te worden opgebleekt, in eens zooveel van het reactief toevoeg, dat omtrent het verdwijnen van de gele kleur geen twijfel kan bestaan. Op die wijze werkende voegt men een weinig te veel hyposulfiet toe; dit *te veel* wordt (na toevoeging van stijfselwater) door $\frac{1}{10}$ normaal Jodium bepaald. Bij eenige oefening is het gemakkelijk het einde der reactie slechts weinig te overschrijden, zoodat men slechts weinig Jodium-oplossing tot het terug-titreeren behoeft en eene fout in het titre van deze laatste slechts een zeer geringen invloed kan uitoefenen.

Men ziet, dat door deze verbetering mijne methode in de hoofdzaak met de door LANDOLT en KREMER voorgestelde samenvalt; zij heeft echter dit voor, dat zij veel spoediger tot het doel voert en dat zij ook bij aanwezigheid van veel vrij zoutzuur en bij zeer sterke verdunning goede resultaten geeft.

Om de zoo even beschrevene wijziging te kunnen rechtvaardigen, moest ik mij natuurlijk vooraf overtuigen, dat het koperzout en het kalium-rhodanied bij het terugtitreeren geen storenden invloed uitoefenden; te meer, omdat bij het toevoegen van een overmaat van hyposulfiet werkelijk een deel van het cupried-zout tot cupro-zout wordt gereduceerd.

Darrtoe nam ik de volgende proef. Gelijke volumina $\frac{1}{10}$ normaal hyposulfiet werden met verschillende hoeveelheden kopervitriool bedeeld; bij elk mengsel werd nu zoutzuur en stijfselwater gevoegd en voorts werd $\frac{1}{10}$ normaal Jodium-oplossing toegevoegd, tot dat de blaauwe kleur van het Jod-amylum zich vertoonde.

Ik vond nu, dat, *wanneer slechts de vorming vau een neêrslag van* $\overset{''}{Cu}_2\, J_2$ of $\overset{''}{Cu}_2\, Rn_2$ *kon worden vermeden*, de oplossingen van hyposulfiet en Jodium volkomen op elkaâr sloten, onverschillig of de hoeveelheid koperzout grooter of kleiner was. Ik heb zelfs 10 C.C. hyposulfiet met 8 C.C. kopervitriool-oplossing (= 80 milligram gekristalliseerd sulfaat) 6 C.C. sterk zoutzuur en 400 C.C. water kunnen mengen en met Jodium-oplos-

sing kunnen titreeren, zonder dat er dadelijk een neêrslag ontstond en dan zag ik, dat er ook juist 10 C.C. Jodium-oplossing vereischt werden, om de blaauwe kleuring van Jod-amylum te weeg te brengen.

Het blijkt dus, dat bij het einde der proef het onder den invloed van hyposulfiet gevormde cupro-zout weder door het Jodium in cupried-zout is overgegaan en dat de kleuring van het amylum niet eerder plaats grijpt, voordat al het koperzout weder in den oorspronkelijken toestand van cupried-verbinding is omgezet. Dit is ook geheel in overeenstemming met het feit, dat eene oplossing van cupro-chloried in zoutzuur Jodamylum ontkleurt, zoolang er geen neêrslag van $\overset{''}{Cu_2}\, J_2$ ontstaat (een verschijnsel, dat door de toevoeging van veel zoutzuur kan voor komen worden).

Van het kalium-rhodanied kon ik evenmin eenigen storenden invloed bemerken.

Ik laat nu de uitkomsten volgen van eenige analysen, volgens de gewijzigde methode uitgevoerd.

De oplossing van Jodium was verkregen door 12.6533 gram J op 1 liter te verdeelen *).

De sterkte van de hyposulfiet-oplossing was door middel van deze Jodiumhoudende vloeistof bepaald.

De oplossingen van kalium-rhodanied en kopervitriool bevatten 1 pCt. gekristalliseerd zout.

1e SERIE.

8.517 gram pianosnaren (99.7 pCt. Fe) werden onder inachtneming van de noodige voorzorgen in zoutzuur en KO_3 Cl opgelost, en op 1 liter gebracht. De hyposulfiet-oplossing was zoo sterk, dat zij per C.C. 10.985 milligr. ijzer aanwees.

---

*) Ik mag de opmerking niet terughouden, dat MOHR in de nieuwste uitgave van zijn handboek nog steeds voor het atoom-gewicht van het Jodium neemt het cijfer 127 in plaats van het naar alle waarschijnlijkheid juistere 126,533, door STAS verkregen. Het is duidelijk, dat bij het gebruik van hyposulfiet, waarvan het titre door middel van Jodium is bepaald, fouten van 0.4 pCt. moeten worden gemaakt, zoo men het eerste cijfer ten grondslag legt en het tweede werkelijk juist is

Afgemeten volumen ijzeroplossing.	Toegevoegd hyposulfiet.	Toegevoegd Jodium.	Fe gevonden.	Fe berekend.
1) 25 C.C.	20.0 C.C.	0.7 C.C.	0.2120 Gr.	0.2127 Gr.
2) 25 „	20.2 „	0.9 „	0.2120 „	0.2127 „
3) 50 „	39.0 „	0.35 „	0.4246 „	0.4254 „
4) 35 „	28.0 „	0 9 „	0.2977 „	0.2978 „
5) 20 „	16.7 „	1.2 „	0.1702 „	0.1702 „
6) 20 „	15.9 „	0.45 „	0.1697 „	0.1702 „

Eene proef volgens MOHR vorderde voor 25 C.C. ijzeroplossing 19.4 C.C. Hyposulfiet = 0.2131 Gr. Fe.

2e SERIE.

13.719 gram ijzer-ammoniak-aluin in groote homogene kristallen verdeeld op 200 C.C.

Oplossing van het hyposulfiet $\frac{1}{10}$ normaal.

Afgemeten volumen ijzeroplossing.	Toegevoegd koperzout.	Toegevoegd zoutzuur.	Toegevoegd kaliumrhodanied.	Toegevoegd hyposulfiet.	Toegevoegd Jodium.	Fe gevonden.	Fe berekend.
1) 25 C.C.	3 C.C.	1 C.C.	1 C.C.	37.6 C.C.	0.9 C.C.	0.2022 Gr.	0.1993 Gr.
2) 25 „	3 „	3 „	½ „	36.1 „	0.45 „	0.1996 „	0.1993 „
3) 25 „	3 „	5 „	½ „	37 1 „	1.5 „	0.1994 „	0.1993 „
4) 25 „	6 „	1 „	½ „	35.8 „	0.3 „	0.1988 „	0.1993 „
5) 25 „	12 „	1 „	½ „	36.2 „	0.6 „	0.1994 „	0.1993 „
6) 25 „	6 „	1 „	½ „	36.2 „	0.6 „	1.1994 „	0.1993 „
7) 1 „ (250 C.C. water)	4 „	1 „	1 ..	2.0 „	0.6 „	0.9978 „	0.0079 „
8) 1 „ (500 C,C. water)	6 „	1 „	1 „	.0 „	1.4 „	0.0099 „	0.0079 „

Bij proef 6 was gevoegd $\frac{1}{2}$ gram nikkelsulfaat en $\frac{1}{2}$ gram kobaltsulfaat.

3e SERIE.

0.9548 gr. pianosnaren (99.7 Fe) in zoutzuur en KO_3 Cl opgelost en over 200 C.C. verdeeld.

Afgemeten volumen ijzeroplossing.	Toegevoegd koperzout.	Toegevoegd zoutzuur.	Toegevoegd kalium-rhodanied.	Toegevoegd hyposulfiet.	Toegevoegd jodium.	Fe gevonden.	Fe berekend.
1) 25 C.C.	3 C.C.	1 C.C.	½ C.C.	22.0 C.C.	0.6 C.C.	0.1198 Gr.	0.1190 Gr.
2) 50 „	3 „	1 „	½ „	42.6 „	0.45 „	0.2360 „	0.2380 „
3) 50 „	3 „	1 „	½ „	43.4 „	0.8 „	0.2386 „	0.2380 „
4) 45 „	3 „	1 „	½ „	39.0 „	0.8 „	0.2139 „	0.2142 „

4e SERIE

Proeven op afzonderlijke hoeveelheden ijzer-ammoniak-aluin. (Hetzelfde praeparaat van de 2e Serie).

Bij elke proef toegevoegd 3 C.C. koperzout, 1 C.C. zoutzuur, ½ C.C. kalium-rhodanied.

Afgewogen ijzer-ammoniak-aluin.	Toegevoegd hyposulfiet. 1/10 N.	Toegevoegd jodium. 1/10 N.	Fe gevonden.	Fe berekend.
1) 1.4419 gram	30.1 C.C.	0.2 C.C.	0.1674 Gr.	0.1675 Gr.
2) 2.1748 „	45.7 „	0.4 „	0.2537 „	0.2527 „
3) 3.0812 „	64.4 „	0.6 „	0.3573 „	0.3580 „
4) 2.3524 „	49.1 „	0.5 „	0.2721 „	0.2734 „
5) 2.0420 „	43.0 „	0.8 „	0.2363 „	0.2373 „
6) 1.6960 „	35.4 „	0.2 „	0.1971 „	0.1971 „
7) 2.8841 „	61.0 „	0.9 „	0.3366 „	0.3351 „

OVER DE CONSTITUTIE

VAN SOMMIGE

KOOLWATERSTOFFEN.

DOOR

P. J. VAN KERCKHOFF.

(Voorgedragen in de Gewone Vergadering van 19 Maart 1870.)

De koolwaterstoffen die ik beschouwen wil zijn: het styrol, de naphtaline en het anthraceen, in verband met het benzol. Daarbij ga ik van het beginsel uit, dat men de constitutie van dit laatste als vastgesteld beschouwt. Wel is waar heerscht hieromtrent verschil van zienswijze. Onder de vele voorgestelde constitutie-formulen is de afwijking van die van KOLBE van de overige schijnbaar de grootste; zij kan intusschen daartoe teruggebragt worden, omdat KOLBE zelf aan zijne substituerende radicalen eene verbindingswaarde of valentie toekent. Ofschoon hij namelijk de valentie der atomen op den achtergrond tracht te zetten, neemt hij die toch in werkelijkheid aan. — Immers, wanneer de groep $C\,H_3$ of $C_2\,H_5$ enz., als substituerend optreedt, komt zij in plaats van 1 at. H; zoo $C\,H_2$ en $C_2\,H_4$ enz. in plaats van 2 at. H; zoo $C\,H$. $C_2\,H_3$ enz. in plaats van 3 at. H. De valentie nu dier groepen kan wel niet anders afgeleid worden dan uit de quadrivalentie van het at. C en de univalentie van het at. H.

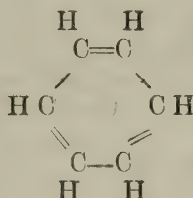
In zoo verre is de theorie van KOLBE niet zoo afwijkend van de meer algemeen aangenomen zienswijze, als men soms zou meenen.

KOLBE beschouwt die groepen elk als een geheel dat als zoodanig werkt, maar geeft geene opheldering omtrent den oorsprong harer substituerende waarde; en deze kan toch wel niet

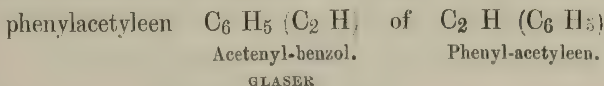
in de H-atomen maar alleen in de C-atomen gezocht worden. Trouwens, het verschil in meening dat omtrent de constitutie van het benzol kan bestaan, doet in dit geval niets af. Hoe men zich de 6 atomen C en 6 atonem H van het benzol onderling vereenigd ook moge voorstellen, altijd blijft het eene stof in welke 6 voor substitutie vatbare at. H aanwezig zijn en in welke de C-atomen tot eene gesloten keten of ring vereenigd zijn, terwijl er altijd C-atomen in voorkomen, die door meer dan eene valentie met elkaâr verbonden zijn. Na de duidelijke uiteenzetting van dit onderwerp door KEKULÉ (*Ber. Ch. Ges.* 1869. p. 362), acht ik het onnoodig over de constitutie van het benzol nader uit te weiden, daar het tot de beschouwing van het verband tusschen deze stof en de drie genoemde minder ter zake doet.

Intusschen is het duidelijkheidshalve goed, eene der voor benzol voorgestelde constitutie-formules te kiezen, en ik neem daartoe die van KEKULÉ, die, ofschoon niet bewezen, toch groote waarschijnlijkheid voor zich heeft.

Fig. 1.

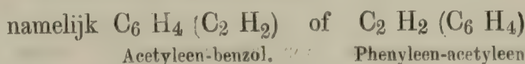


De drie genoemde koolwaterstoffen, styrol, naphtaline en anthraceen onderscheiden zich door geheel andere eigenschappen en veel grootere stabiliteit in de hitte van zoodanige gesubstitueerde benzol-verbindingen in welke een of meerdere zijketens aanwezig zijn, die wel door de benzol-kern, maar niet onderling in verband zijn, zooals b.v.



phenylacetyleen $C_6 H_5 (C_2 H)$ of $C_2 H (C_6 H_5)$
Acetenyl-benzol. Phenyl-acetyleen.
GLASER

waarmede waarschijnlijk een isomeer

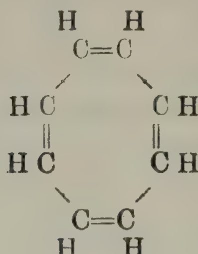


namelijk $C_6 H_4 (C_2 H_2)$ of $C_2 H_2 (C_6 H_4)$
Acetyleen-benzol. Phenyleen-acetyleen

kan bestaan.

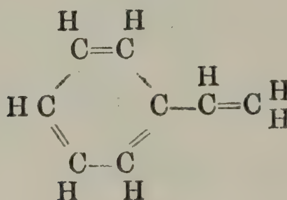
Neemt men nu in aanmerking, dat styrol door synthese (zonder afscheiding van een ander product) uit benzol en acetyleen, en ook door eenvoudige condensatie van 4 mol. acetyleen verkregen kan worden, dan zou uitsluitend uit dit oogpunt de waarschijnlijkste constitutie-formule zijn

Fig. 2



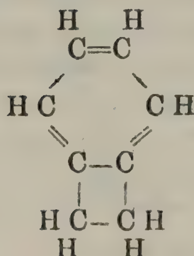
Maar styrol wordt ook gevormd uit benzol en ethyleen met afscheiding van 2 at. H, dienvolgens zou ze kunnen zijn

Fig. 3.



of

Fig 4



Thans reeds weet men door BERTHELOT, dat styrol op verschillende wijzen verkregen, niet altijd dezelfde eigenschappen

bezit; er zijn dus minstens twee isomere wijzigingen, welligt meer.

Dat styrol, dat door BERTHELOT uit benzol en ethyleen bij verhitting verkregen is, en dat door verdere werking van ethyleen in naphtaline kan overgaan, heeft, juist omdat het op die wijze gevormd wordt en omdat het naphtaline voort kan brengen, als waarschijnlijkste constitutie de laatst aangegevene.

In deze constitutie blijft de oorspronkelijke benzol-ring behouden, hetgeen overeenstemt met het optreden van benzol-verbindingen bij het aangetast worden van het styrol door sterk werkende stoffen die splitsingsproducten doen ontstaan.

Ten aanzien der naphtaline zijn hoofdzakelijk twee constitutie-formulen voorgesteld, de eerste door ERLENMEIJER en later door GRAEBE en LIEBERMANN, die deze stof beschouwen als gevormd uit twee benzol-moleculen, tot één geheel vereenigd met afscheiding van $C_2 H_4$; de andere van KOLBE, die, het benzol aannemende als een tricarbol $C_3 H_{12}$, waarin driemaal de groep C H in plaats van 3 at. H optreedt, vervolgens de naphtaline van het benzol afleidt door de drie overige at. H te substitueren door $C_4 H_5$.

Tegen beide zienswijzen kunnen belangrijke tegenwerpingen gemaakt worden.

Ofschoon de formule van GR. en L. in vele gevallen tamelijk goed in overeenstemming is met de veranderingsproducten die naphtaline b.v. door oxydatie of door chloor oplevert, zooals b.v. bichloornaphtachinon en pentachloornaphtaline, zoo geeft ze geen rekenschap van de wijze, waarop deze stof uit andere koolwaterstoffen is voortgebragt.

Ze heeft buitendien geen bijzonder voorregt ter verklaring van de vorming van het phtalzuur.

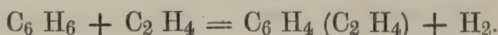
Nog minder waarschijnlijk is de formule van KOLBE, omdat deze geene eenvoudige verklaring van de splitsingsproducten geeft en de vorming der naphtaline, zooals ze bij de proeven ontstaat, geheel onverklaard laat.

Bij het voorstellen dezer constitutie-formulen heeft men de belangrijke proeven van BERTHELOT wat veel uit het oog verloren, bij welke het hem gelukt is, behalve vele andere, ook de hier ter sprake komende koolwaterstoffen uit minder koolstof-

rijke voort te brengen. BERTHELOT noemt die werkingen, die bij hooge temperatuur plaats grijpen, condensatie; ze zijn echter van tweederlei aard; die, bij welke een koolwaterstof gepolymeriseerd wordt, dat is door eenvoudige vereeniging zonder afscheiding eener andere stof, eene nieuwe koolwaterstof gevormd wordt van een absoluut grooter aantal atomen maar in dezelfde verhouding, en die bij welke twee koolwaterstoffen zich tot eene hooger zamengestelde vereenigen met afscheiding van waterstof.

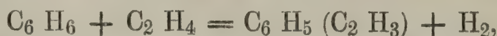
Met even veel regt als men de ontledingsproducten der stoffen als gegevens bezigt om tot de kennis der constitutie-formulen op te klimmen, mag men ook de synthetische vorming als een criterium aannemen voor de vaststelling der constitutie. BERTHELOT heeft dit ook gedaan, maar op eene hem eigenaardige wijze. Hij toch ziet geheel af van de valentie der elementair-atomen en van de wijze waarop ze onderling verbonden zijn. Zijne formulen, die wel niet geheel empirisch maar tot eene zekere mate rationeel zijn, zijn echter meer synoptisch en geven de constitutie althans niet uitvoerig aan. Ze kunnen evenwel meestal, naar ik meen te zullen aantoonen, zeer goed met constitutie-formulen in overeenstemming worden gebragt.

Vestigen wij nu in de eerste plaats onze aandacht op de voortbrenging van styrol door BERTHELOT, dan vinden wij dat de aanzienlijkste productie dezer stof plaats heeft ten koste van gelijke moleculen benzol en ethyleen met vrijwording van waterstof, hetgeen door hem wordt uitgedrukt door de vergelijking



$$C_6 H_6 + C_2 H_4 = C_6 H_4 (C_2 H_4) + H_2.$$

Zooals ik boven reeds opmerkte, komt deze vergelijking in het onderhavige geval en in verband met de productie van naphtaline uit styrol en ethyleen meer waarschijnlijk voor dan de volgende



$$C_6 H_6 + C_2 H_4 = C_6 H_5 (C_2 H_3) + H_2,$$

die welligt voor een isomeer van het styrol kan gelden.

Op graphische wijze kan, in overeenstemming met BERTHELOT'S meening, het styrol worden voorgesteld door Fig. 4.

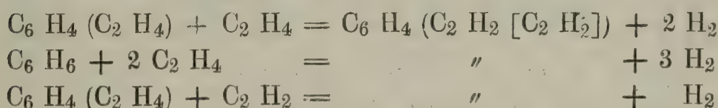
Geschiedt de styrolvorming ten koste van benzol en acetyleen, welke insgelijks maar moeijelijker door B. is gerealiseerd, dan heeft men aan te nemen dat het acetyleen, hetwelk, zoo

als men weet, zoo gemakkelijk eene molecule H opneemt, zich daarvan ten koste van het benzol bemagtigt, terwijl dat aldus gevormde ethyleen dadelijk de vrij geworden twee valenties van het benzol gaat verzadigen. Men komt dan tot dezelfde constitutie-formule.

Bij deze constitutie veronderstelt men dat de zamenvoeging der beide moleculen, zij het met of zonder afscheiding van waterstof, op die wijze plaats grijpt dat van eene der beide moleculen twee at. C in onderlinge verbinding treden met twee at. C van de andere molecule, en dat dus eene dubbele gesloten keten ontstaat. Geschiedde de verbinding op eene andere wijze, door namelijk van de eerste molecule één at. C in verbinding te doen treden met één at. C van de tweede, onder afscheiding van waterstof, dan zou men eene gesloten keten met eene zijketen verkrijgen en dus eene andere geconstitueerde stof, wel isomeer maar niet identisch, namelijk $C_6 H_5 (C_2 H_3)$.

De verhouding van het styrol ten opzigte van oxydeerende stoffen, zooals salpeterzuur, geeft aanleiding om deze laatste constitutie voor weinig waarschijnlijk te houden.

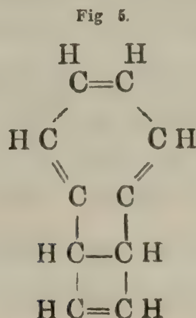
Keeren wij nu terug tot de naphtaline. Ze is door B. voortgebragt, door werking van hooge temperatuur op een mengsel, hetzij van styrol en ethyleen, hetzij van benzol en ethyleen, hetzij van styrol en acetyleen,



$$C_6 H_4 (C_2 H_4) + C_2 H_4 = C_6 H_4 (C_2 H_2 [C_2 H_2]) + 2 H_2$$
$$C_6 H_6 + 2 C_2 H_4 = \text{〃} + 3 H_2$$
$$C_6 H_4 (C_2 H_4) + C_2 H_2 = \text{〃} + H_2$$

Men kan in verband hiermede voor naphtaline de volgende constitutie aannemen

Fig 5.

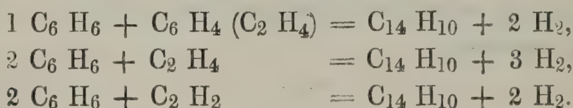


Eene bevestiging dier zienswijze wordt gevonden in de werking van iodwaterstof op naphtaline; verschillende waterstofrijkere verbindingen die daardoor gevormd worden, kunnen er op zeer eenvoudige wijze uit worden afgeleid.

Ook het ontstaan van phtalzuur tegelijk met oxaalzuur als oxydatie-producten van naphtaline is niet alleen niet in tegenspraak met deze constitutie, maar maakt haar zelfs waarschijnlijker.

Ware voor styrol de formule $C_6\,H_5\,(C_2\,H_3)$ de juiste, dan zou voor naphtaline de formule $C_6\,H_4 \left\{ \begin{array}{l} C_2\,H_3 \\ C_2\,H \end{array} \right.$ moeten aangenomen worden, omdat deze uit de werking van styrol op acetyleen, met afscheiding van 2 at. H geboren wordt. — Deze constitutie is evenwel voor naphtaline zeer onwaarschijnlijk; ze zou een benzol voorstellen met twee zijketens, dat geheel andere producten zou leveren dan de naphtaline doet, en dat niet de bestendigheid bij hooge temperatuur zou bezitten, die in het algemeen eigen is aan de koolwaterstoffen, die uit gesloten ketens bestaan. Juist zulke benzol-verbindingen, die eene of meerdere zijketens van koolwaterstoffen bevatten, worden in de hitte gewoonlijk omgezet in andere zooals naphtaline, anthraceen en chryseen.

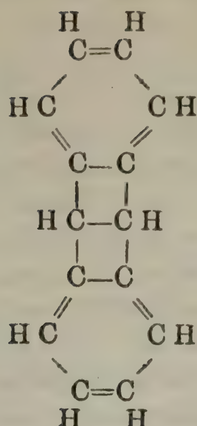
Het anthraceen is door BERTHELOT op verschillende wijzen verkregen, door werking van hoogeren warmtegraad, 1°. op een mengsel van styrol en benzol, 2°. op een mengsel van benzol en ethyleen, 3°. op een mengsel van benzol en acetyleen. Hij drukt zulks door de volgende vergelijkingen uit:



$$1\,C_6\,H_6 + C_6\,H_4\,(C_2\,H_4) = C_{14}\,H_{10} + 2\,H_2,$$
$$2\,C_6\,H_6 + C_2\,H_4 = C_{14}\,H_{10} + 3\,H_2,$$
$$2\,C_6\,H_6 + C_2\,H_2 = C_{14}\,H_{10} + 2\,H_2.$$

In al die gevallen zien wij het anthraceen ontstaan uit zulke stoffen, die te zamen minstens twee benzol-resten $C_6\,H_4$ bevatten. Er is dus veel voor te zeggen om in het anthraceen twee zulke benzol-resten aan te nemen. De formule $C_6\,H_4\,(C_2\,H_2\,[C_6\,H_4])$, die ook geschreven kan worden $C_2\,H_2 \left\{ \begin{array}{l} C_6\,H_4 \\ C_6\,H_4 \end{array} \right.$, drukt zulks uit. De graphische constitutie wordt dan

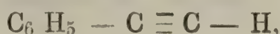
Fig. 6.



Deze is geheel in overeenstemming met die voor styrol en voor naphtaline. Zij duidt aan dat het anthraceen niet op synthetische wijze uit de werking van naphtaline op benzol verkregen kan worden zonder afscheiding van koolstof of koolwaterstoffen, terwijl zij van de door BERTHELOT gevonden bereidingswijzen behoorlijk rekenschap geeft. Zij is ook niet in tegenspraak met de vorming van anthraceen uit benzylchloruur.

Ze verschilt in aard van de door GRAEBE en LIEBERMANN voor het anthraceen voorgestelde constitutie, die van het beginsel uitgaat, dat drie benzol-moleculen onder afscheiding niet alleen van waterstof maar ook van koolstof tot eene drievoudige keten vereenigd zijn. Zij neemt slechts twee benzol-ringen aan, die door tusschenkomst van de groep $C_2 H_2$ maar niet onmiddellijk, zooals GR. en L. aannemen, met elkaâr vereenigd zijn.

Is nu die constitutie de waarschijnlijkste voor elke koolwaterstof van de empirische formule $C_{14} H_{10}$? Op die vraag moet het antwoord ontkennend zijn. Men kent namelijk, volgens de onderzoekingen van GLASER, een phenyl-acetyleen, dat tot zeer waarschijnlijke constitutie heeft



$$C_6 H_5 - C \equiv C - H,$$

en een di-acetenyl-phenyl



$$C_6 H_5 - C \equiv C - C \equiv C - C_6 H_5.$$

van welke het eerste, door substitutie van het at. H door $C_6 H_5$, welligt eene verbinding



$$C_6 H_5 - C \equiv C - C_6 H_5$$

kan geven, die dus insgelijks de empirische formule $C_{14} H_{10}$ heeft, maar die, zoo mijne op BERTHELOT's proeven gegronde formule voor anthraceen juist is, met dit laatste wel isomeer maar niet identisch zou zijn En inderdaad het door LIMPRICHT en SCHWANERT gevondene tolan, dat aan de formule $C_{14} H_{10}$ beantwoordt en geheel andere eigenschappen b.v. smeltpunt, bezit dan het anthraceen, mag, in verband met zijn ontstaan, uit tolnyleen (stilbeen) en de constitutie van dit laatste en van ditolyl, geacht worden werkelijk de laatstgenoemde constitutie te bezitten.

Hoewel de voorgestelde constitutie-formulen op de belangrijke proeven van BERTHELOT gegrond zijn en daardoor de waarschijnlijkheid voor zich hebben, zoo mag men ze niet als de ware beschouwen zoo lang niet door eene meer volledige studie de zaak is uitgemaakt. Andere wijzen van synthese dienen te worden beproefd en de substitutie- en splitsings-producten aan een uitgebreid onderzoek te worden onderworpen, terwijl tevens zou moeten worden nagegaan of er soms nog meer isomeren van deze koolwaterstoffen bestaan.

Gelukt het de koolwaterstof $C_4 H_4$, het diacetyleen, te isoleeren, hetgeen naar aanleiding van de proeven van BERTHELOT en de beschouwingen van LIMPRICHT wel te verwachten is, dan zou het mogelijk zijn, om door de uitkomsten der werking van $C_4 H_4$ op benzol, enz. bewijzen vóór of tegen de voorgestelde constitutie te verkrijgen.

Ten slotte wil ik doen opmerken, dat koolwaterstoffen van de formulen $C_{10} H_8$, $C_{14} H_{10}$, $C_{18} H_{12}$ (chryseen) uit eene enkele gesloten keten zouden kunnen bestaan.

Deze zouden dan in een innig verband staan met sterker gecondenseerde polymeren van het acetyleen, en uit deze kunnen worden afgeleid door uittreding van waterstof en dubbele binding van C-atomen.

In het benzol is volgens KEKULÉ de opvolgende binding der C-atomen eene afwisselend dubbele en enkele, en wordt dus door de cijfers 2. 1. 2. 1. 2. 1 voorgesteld. Indien nu het-

zelfde in de hoogere polymeren van het acetyleen plaats heeft, dan zou uit $C_{10} H_{10}$, door afscheiding van 2 at. H, $C_{10} H_8$ ontstaan, terwijl terzelfder tijd twee C-atomen die onderling enkel gebonden waren, eene dubbele binding zouden aangaan.

Dan zou de binding

2. 1. 2. 1. 2. 1. 2. 1. 2. 1. van $C_{10} H_{10}$

worden

2. 1. 2. 1. 2. 2. 2. 1. 2. 1

in

plaats van 1.

Op dezelfde wijze zou uit $C_{14} H_{14}$, door uittreding van tweemaal H_2, $C_{14} H_{10}$ ontstaan, waarvan de onderlinge binding der C-atomen door volgend schema zou worden aangeduid

2. 1. 2. 1. 2. 2. 2. 1. 2. 1. 2. 2. 2. 1

in plaats van 1. — in plaats van 1.

En zoo zou met het nonacetyleen $C_{18} H_{18}$ genetisch kunnen zamenhangen het chryseen $C_{18} H_{12}$, dat tot schema der binding van de C-atomen zou hebben

2. 1 2. 2. 2. 1. 2. 1. 2. 2. 2. 1. 2. 1. 2. 2. 2. 1.

in plaats van 1 — in plaats van 1. — in plaats van 1.

MEDEDEELING VAN EENIGE PROEVEN

OMTRENT HET

TITREEREN VAN CHINA-ALKALOÏDEN.

DOOR

P. J. VAN KERCKHOFF.

(Voorgedragen in de Vergadering van 30 Januarij 1869).



Het is mijn voornemen niet de talrijke methoden te bespreken, die ter bepaling van de hoeveelheid der alkaloïden in het algemeen of aan die der china-basten in het bijzonder zijn voorgesteld. De meeste dier methoden hebben hare eigendommelijke voor- en nadeelen. Ik wensch slechts een punt te behandelen, de vraag namelijk of er voor de china-alkaloïden eene geschikte titreermethode bestaat.

Het waren GLÉNARD en GUILLERMOND die het eerst eenen gang hebben aangegeven, om de chinine van den kinabast door titreeren te bepalen; de door hen beschrevene wijze is inderdaad zeer eenvoudig *). Zij bestaat in het tot poeder brengen en wegen van 10 gr. kinabast, bevochtigen met water, vermengen met kalkmelk, droogen, tot poeder wrijven, digereren met water- en alkohol-vrijen ether (100 C.C.) gedurende $\frac{1}{4}$ uur, afgieten van den helderen ether, vermengen van 20 C.C. van dezen laatsten met een bepaald volumen getitreerd zwavelzuur of oxaalzuur en titreeren, na toevoeging van tinctuur van St. Marthahout, met getitreerde ammonia.

Volgens dit voorschrift wordt alleen de chinine bepaald en geen acht geslagen op de aanwezigheid der andere alkaloïden.

*) *Répertoire de Chim. appliq.* T. 1. p. 132; T. 2. p. 61; T. 4. p. 58.

Er zijn buitendien tegen deze methode aanmerkingen gemaakt door FAGET en door THOMAS en TAILLANDIER; voor een groot gedeelte kan hieraan worden tegemoet gekomen. Maar de groote bezwaren bestaan ten eerste in het gebruik, bij zulke fijne hygroscopische poeders, van ether die absoluut water- en alkoholvrij behoort te wezen en dan vooral in het behoorlijk afmeten van volumina eener zoo vlugtige en zoo uitzetbare vloeistof als ether. Zelfs bij het gebruik van gesloten toestellen zal men de fout niet geheel voorkomen en ze zal een belangrijken invloed hebben doordat men slechts op eene fractie van den gebruikten ether werkt.

Naar aanleiding van het door GLÉNARD en GUILLERMOND geopperde denkbeeld van titreeren, heb ik eenige van hunne handelwijze afwijkende proeven verrigt, waarvan ik den gang en de uitkomsten zoo vrij ben aan de Academie mede te deelen.

Het kwam mij noodig voor, wel niet het gebruik van ether maar het afmeten van dien ether te vermijden, en ook wenschelijk de overige in den bast aanwezige alkaloïden, ten minste benaderend, te bepalen, terwijl tevens zoo veel mogelijk het in oplossing brengen van andere bestanddeelen moest worden voorkomen. Met dat doel heb ik gebruik gemaakt van het uitstekende oplossingsmiddel voor de meeste alkaloïden, door USLAR en ERDMANN aangegeven *), namelijk van den amylalkohol, zonder echter hunne handelwijze van extractie der alkaloïden uit de grondstoffen te volgen. Vooral meende ik het bezigen van ammoniak te moeten vermijden, dat bij beide de besproken methoden is voorgeschreven, bij de laatste om de alkaloïden vrij te maken, bij de eerste om terug te titreeren.

Ziehier den gang door mij bij het onderzoek gevolgd.

GANG VAN HET ONDERZOEK.

De kinabast wordt gestampt, tot poeder gewreven en goed gemengd.

Het poeder bij 100° gedroogd, in exsiccator bekoeld en gewogen.

---

*) *Annal d. Ch. et Pharm.* Bd. 120. S. 121.

Het poeder met gedestilleerd water bevochtigd en met versche kalkmelk in overvloed vermengd.

Het mengsel in luchtbad bij 100° gedroogd.

De drooge stof met zuiveren warmen amylalkohol in een kolfje gedigereerd.

De massa op een filter gebragt, en het overblijvende op het filter herhaaldelijk met warmen amylalkohol uitgewasschen.

Bij de in eene kolf verzamelde amyl-alkoholische oplossing een bepaald volumen verdund getitreerd zoutzuur gebragt, dat zich onder den amylalkohol verzamelt; dan zacht verwarmd, de kolf gesloten en geschud.

De zoutzure oplossing door scheitrechter van den amylalkohol afgezonderd.

De amylalkohol in den scheitrechter op nieuw met een bepaald volumen getitreerd zuur geschud en daarna afgezonderd. Herhaling dezer bewerking ten derden male. — Daarna afwassching van den amylalkohol in den scheitrechter met gedestilleerd water.

De gezamenlijke zoutzure vloeistoffen en waschwater, na toevoeging van een weinig tinctuur van St. Marthahout, met natronloog getitreerd tot violet.

De neutrale oplossing met genoeg natronloog vermengd om de alkaloïden te precipiteeren.

De neêrslag op een filter verzameld, herhaaldelijk met koud water afgewasschen en beneden 100° gedroogd.

De inhoud des filters en dit zelf met watervrijen ether uitgetrokken, en die bewerking met kleine hoeveelheden ether herhaald.

De etherische oplossing met een bepaald volumen getitreerd oxaalzuur vermengd, een weinig tinctuur van St. Marthahout toegevoegd en daarna met natronloog teruggetitreerd tot zwak rosarood.

TOELICHTING OMTRENT EENIGE PUNTEN.

De amylalkohol moet zuiver en vooral geheel neutraal zijn.

De bewerkingen daarmede geschieden in eene goed trekkende ventileerkast, wegens de onaangename en schadelijke werking van den amylalkohol.

Het titreeren der zoutzure vloeistof bij zachte verwarming is

scherper, terwijl er geen gevaar is van verdamping van zoutzuur wanneer het zuur zoo zwak is.

Tinctuur van St. Marthahout is veel gevoeliger door den snellen overgang der kleuren in elkaâr dan die van campèche of lakmoes. Bij het bezigen van bijtende loogen laat zij niets te wenschen over. — De rosa-overgang is de ware.

Bij het titreeren der chinine alleen behoeft men slechts acht te geven op de overgangskleur, niet op het ontstaan van een neêrslag, die zich soms vroeger vertoont omdat de oxalas chinini weinig oplosbaar is.

Het valt niet te ontkennen dat eene fout bij het titreeren vergroot overgaat op het gehalte der alkaloïden. Daarom zijn verdunde titreervloeistoffen en naauwlettende bewerking een volstrekt vereischte.

EERSTE SOORT KINABAST.

	I.	II.	III.
Gewigt van den gestooten en gedroogden kinabast.	8.4408 Gr.	7.2961 Gr.	10.5042. Gr.
Gebruikte amylalkohol.	120 CC	120 CC	170 CC
〃 zoutzuur.	75 〃	75 〃	75 〃
Sterkte zoutzuur in CC natronloog.	75 CC = 32.5 CC	75 CC = 32.5 CC	75 CC = 32.5 CC
1 CC natronloog bevat 0.031 Gr. Na_2O			
Getitreerd tot violet.			
Gebruikte natronloog . . . . . (gedeeltelijk decime).	31.16 CC	31.204 CC	30.462 CC
Alkaloïden uitgedrukt in natronloog	1.340 〃	1.296 〃	2.038 〃
Idem idem in Na_2O. . .	0.04127 Gr.	0.03992 Gr.	0.06277 Gr.
Idem idem in Na_2O % van den bast.	0.489	0.549	0.597
Gebruikt decime-oxaalzuur . . .	21.75 CC	20.00 CC	25.00 CC
Teruggetitreerd met natronloog.	15.62 〃	15.34 〃	18.13 〃
Gelijkstaande met decime-oxaalzuur	15.93 〃	15.65 〃	18.49 〃
Dus gewigt gekristalliseerd oxaalzuur voor chinine	0.0367 Gr.	0.0274 Gr.	0.0410 Gr.
Daar oxalas chinini = 2 $C_{20}H_{24}N_2O_2$, $C_2H_2O_4$ komt voor chinine.	0 1887 〃	0.1409 〃	0.2109 〃
of in % van den bast	2.23	1.93	2.01
die overeenkomen met Na_2O in %	0.213	0.185	0.192
Blijft dus voor de andere alkaloïden in % Na_2O.	0 276	0.364	0.405
Berekend % cinchonine. . . .	2.74	3.61	4 02
		Gemiddeld in %	
Chinine		1.97	
Cinchonine		3.81	

TWEEDE SOORT KINABAST (*China calisaya*).

	I.	II.	III.
Gewigt van den fijnen bij 100° gedroogden kinabast.	12.7399 Gr.	8.6386 Gr.	16.1241 Gr.
Gebruikte amylalkohol	185 CC	185 CC	265 CC
Gebruikt zoutzuur.	100 "	100 "	100 "
Sterkte zoutzuur in CC natronloog.	10 CC = 4.55 CC	10 CC = 4.55 CC	10 CC = 4.55 CC
1 CC natronloog bevat 0.02619 Gr. Na_2O.			
1 CC decime natronloog = 0.00263 Gr. Na_2O.			
Getitreerd tot blaauw-violet.			
Gebruikte natronloog	39 CC	40 CC	39 CC
Gebruikte decime natronloog. .	30.50 "	29.00 "	15.95 "
Alkaloïden uitgedrukt in Na_2O.	0.09001 Gr.	0.06776 Gr.	0.12828 Gr.
Idem idem in Na_2O % van den bast.	0.741	0.784	0.794
Gebruikt decime oxaalzuur . . .	60 CC	35 CC	60 CC
Sterkte decime oxaalzuur in decime natronloog.	10 = 11.785 CC	10 = 11.785 CC	10 = 11.785 CC
Gebruikt decime oxaalzuur uitgedrukt in decime natronloog.	70.71 CC	41.25 CC	70.71 CC
Teruggetitreerd met decime natronloog.	57.95	34.20	55.40
Dus chinine uitgedrukt in dec. natronloog	12.76	7.05	15.31
Chinine uitgedrukt in Na_2O. .	0.0335639 Gr.	0.0185443 Gr.	0.0402714 Gr.
Chinine uitgedrukt in Na_2O % van den bast.	0.276	0.215	0.249
Werd verder bijgevoegd aan dec. natronloog	12.76 CC	7.05 CC	15.31 CC
dan ontstond bij de drie proeven een pr. dat door een verderen druppel decime natronloog niet vermeerderde			
Om te beproeven of vermeerderde hoeveelheid van oxaalzuur en natronloog in de vloeistof eenigen invloed uitoefende werd bij de nu troebele vloeistoffen gevoegd dec. oxaalzuur door welke bij zachte verwarming heldere oplossingen ontstonden.	25 CC		25 CC
Dat decime oxaalzuur staat gelijk met dec. natronloog . . .	29.46 "		29.46 "
Teruggetitreerd met decime natronloog	16.25		13.70
Dus chinine uitgedrukt in dec. natronloog	13.21		15.76
Chinine uitgedrukt in Na_2O. .	0.0347476 Gr.		0.0414551 Gr.
Chinine uitgedrukt in Na_2O % van den bast.	0.286		0.257
Daar 62 deelen Na_2O gelijk staan met 648 deelen chinine, zoo komt chinine in % van den bast volgens 1e bepaling	2.884	2.247	2.602
" 2e "	2.989		2.686

	I.	II.	III.
Trekt men van de alkaloïden uitgedrukt in decime natronloog af de hoeveelheid chinine der eerste bepaling uitgedrukt in decime natronloog, dan blijft voor de andere alkaloïden uitgedrukt in dec. natronloog	0.741 % 0.276 0.465	0.784 % 0.215 0.569	0.794 % 0.249 0.585
In de veronderstelling dat al het overige chinchonine zou zijn, berekent men voor Cinchonine in % van den bast.	4.62 %	5.65 %	5.85 %

VERGELIJKEND ONDERZOEK VAN TWEE SOORTEN KINABAST.

	A Calisaya	B Huanuco. I.	B Huanuco. II.
Gewigt van den fijnen, bij 100° C gedroogden kinabast	7.3683 Gr.	15.9552 Gr.	8.0181 Gr
Gebruikte amylalkohol	170 CC	210 CC	145 CC
Gebruikt zoutzuur.	100 〃	103 〃	100 〃
Sterkte zoutzuur in CC natronloog	10 CC = 4.55 CC	10 CC = 4.55 CC	10 CC = 4.55 CC
1 CC natronloog bevat 0.02619 Na_2 O.			
1 CC decime natronloog bevat 0.00263 Na_2 O.			
Getitreerd tot violet.			
Gebruikte natronloog	40 CC	40 CC	40 CC
Gebruikte decime natronloog. .	31.60 〃	1.30 〃	15.65 〃
Alkaloïden uitgedrukt in Na_2 O	0.060924 Gr	0.176375 Gr.	0.102879 Gr.
Idem idem in Na_2 O % van den bast	0.820	1.105	1.283
Gebruikt decime oxaalzuur . . .	35 CC	25 CC	25 CC
die zouden vereischen aan dec. natronloog	41.25 〃	29.46 〃	29.46 〃
Teruggetitreerd met decime natronloog	35.85	26.50	26.60
Dus chinine uitgedrukt in dec. natronloog.	5.40 CC	2.96 CC	2.86 CC
Chinine uitgedrukt in Na_2 O .	0.0142042 Gr.	0.007786 Gr.	0.007523 Gr.
Idem idem in Na_2 O % van den bast.	0.193	0.048	0.093
Chinine in % van den bast . .	2.017	0.501	0.972

De door overmaat van natronloog voortgebragte neêrslag was niet vlokkig. Die van A gaf sterke reactie op chinine, die van B slechts flaauw. De geringe hoeveelheid dus van het in ether

oplosbare bestaat bij de Huanuco grootendeels uit cinchonicine, en misschien ook wel chinidine, die, in ether eenigszins oplosbaar zijn; 100 CC ether zouden namelijk, volgens de proeven van THOMAS en TAILLANDIER, oplossen van chinidine 0.244 Gr. en van cinchonicine 0.040 Gr.

OVERZIGT.

	Chinine-gehalte.		
	I.	II.	III.
Eerste soort kinabast	2.23 %	1.93 %	2.01 %
Tweede soort 〃	2 88 2.99	2.25 —	2 60 2.69
Derde soort 〃	2.02		
Vierde soort 〃	0.50	0.97	

Uit het medegedeelde blijkt:

1°. dat het gebruik van ether als maat-analytische vloeistof (zooals door GLÉNARD en GUILLERMOND was voorgesteld) geheel vermeden kan worden;

2°. dat het voorgestelde onderzoek, met zorg gedaan wordende, zeer bruikbare uitkomsten oplevert;

3°. dat men daarmede bij vergelijkende proeven met denzelfden kinabast goed overeenstemmende cijfers verkrijgt;

4°. dat de methode zich aanbeveelt door de gemakkelijkheid waarmede de andere in den bast aanwezige stoffen worden verwijderd, en eene kleurlooze oplossing verkregen wordt;

5° dat ze wel is waar aan den eenen kant het chininegehalte iets te hoog aangeeft omdat chinidine (zoo deze werkelijk in den bast aanwezig is) en cinchonine in ether niet geheel onoplosbaar zijn, maar dat tegens die fout

eene andere in tegenovergestelden zin overstaat, voortspruitende uit de niet volmaakte onoplosbaarheid van chinine in water;

6°. dat de methode voor de bepaling van het gehalte aan chinidine en cinchonine alleen dan bruikbaar wordt wanneer men het in ether onoplosbare gedeelte eene verdere bewerking doet ondergaan, waartoe de methode van DE VRIJ geschikt schijnt te zijn. Ik heb die scheiding bij de aangehaalde proeven niet in het werk gesteld.

EEN PAAR OPMERKINGEN

BETREFFENDE DE

ELECTRISEERMACHINE VAN *HOLTZ*,

DOOR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN,

Medegedeeld in de gew. Verg. van 29 April 1870.

1°. Het is wel niet veel, maar ik heb toch iets omtrent dit werktuig mede te deelen, dat mogelijk een ander van nut kan zijn. De machine waarmede ik mijne proeven heb gedaan is er eene, door BORCHARDT vervaardigd, met vier zoogenaamde elementen, zoo als die beschreven en afgebeeld voorkomt in POGGENDORFF's Annalen Band CXXVII, p. 320. Het is bekend, dat wanneer de conductoren zóó ver van elkander getrokken worden, dat de vonk niet meer tusschen hen overslaat, de stroom gewoonlijk, wanneer de conductoren weder tot elkander gebragt worden, omgekeerd wordt bevonden; ten anderen is de wijze, waarop de papieren elementen voortdurend gevoed worden, niet zoo terstond duidelijk: deze twee punten wil ik voornamelijk toelichten.

2°. Men hebbe de goedheid alle meer of minder heldere begrippen, omtrent ladings - en ontladings-stroom en omtrent twee positieve en twee negatieve stroomen die te zamen in den inductor voortwandelen, voor zoo ver men die hier en daar mogt hebben opgedaan, voor goed over boord te zetten. De verklaring van den toestel en zijne werking behoeft waarlijk niet zoo zamengesteld te zijn. Ik zal mij eenvoudig van de gangbare termen en voorstellingen omtrent positieve en negatieve electriciteit en influentie of inductie bedienen.

Wanneer het plaatje gewreven eboniet geheel voor de opening

van een element gehouden wordt, zal men al draaijende steeds kleine vonkjes tusschen de conductoren waarnemen; maar de lading zal niet stijgen; het verschijnsel zal zoo lang aanhouden als de eboniet-plaat nog electriciteit bezit. Deze plaat vervult hier namelijk geheel de rol van een papieren element; alleen wordt zij niet gevoed; hare spanning zinkt dus langzamerhand door de lucht enz. weg, en daarmede loopt het verschijnsel te niet.

Wordt de eboniet vóór het papieren element of zelfs er tegen gehouden, dan bindt de negatieve electriciteit van het plaatje de positieve op het papier; de vrij geworden en weg gestooten negatieve van het papier wordt, daar zij zich moeijelijk door het papier een weg naar buiten kan banen, tegen de naar buiten gekeerde vlakte van de vaste schijf aangedrongen en oefent nu, al dieper en dieper in het glas dringende, op hare beurt influentie uit op de draaijende schijf, waarop zij de positieve bindt en de negatieve wegdrijft, welke laatste in den conductor ontsnapt. De schijf moet reeds draaijen eer de eboniet-plaat wordt voorgehouden, daar anders de positieve electriciteit van deze beweegbare schijf al spoedig haren weg zoude vinden door de dunne luchtlaag naar de vrij gemaakte negatieve van het papieren element.

Dat de beide schijven digt bij elkander staan is natuurlijk zeer nuttig; maar daarbij kan men de kartonnen spitsen gerust zoodanig naar binnen buigen, dat zij de draaijende schijf aanraken: HOLTZ geeft alleen op, om die spitsen zoo digt mogelijk bij de draaijende schijf te brengen; ik heb er mij steeds wel bij bevonden, wanneer ik ze bepaald liet slepen.

Zoodra nu het segment van de draaijende schijf aan den invloed van het eerste papieren element ontsnapt, wordt de daarop gebonden positieve electriciteit vrij en stroomt, voor zoo ver zij zich aan den binnenkant van dit segment bevindt, door de slepende kartonnen spits van het tweede element in het papier; voor zoo ver zij zich aan den buitenkant van het glas bevindt, ontsnapt zij in den conductor.

Op deze wijze is nu het tweede element geladen; het + geworden papier oefent door het glas der onbeweeglijke schijf genen influentie uit op de draaijende schijf, dat is, bindt negatieve electriciteit en drijft nog meer positieve in den conductor.

De voor een oogenblik gebonden negatieve electriciteit wordt vrij, zoodra het gedeelte der draaijende schijf waarop zij zich bevindt, weder aan de influentie van dit tweede element onttrokken wordt en gaat het derde element negatief laden.

Door het derde element wordt nu even zoo het vierde element positief geladen, en zoo zijn in een oogenblik alle vier de stukjes papier om het andere negatief en positief geladen en is het werktuig in gang. Naar mate men sneller draait, zal men in denzelfden tijd hetzelfde segment van de draaijende schijf al meer en meer malen voorbij de papieren elementen en de opzuigende punten der conductoren voeren; maar tevens zal men aan de voor een oogenblik op de draaijende schijf gebonden electriciteit al minder en minder tijd gunnen om door de luchtlaag naar de ongelijknamige electriciteit der papiertjes over te gaan; naarmate alzoo de spanning in den toestel al hooger en hooger rijst, verwacht ik dan ook minder nut van eene zeer groote toenadering der beide schijven, omdat daardoor die overgang steeds gemakkelijker wordt.

Dat deze verklaring juist is, blijkt zeer gereedelijk uit de vrije positieve electriciteit, b. v. die men al zeer spoedig, op het geheele quadrant van de draaijende schijf dat achter een arm van den conductor die negatieve electriciteit opzoog, met een proef-lepeltje kan opscheppen; even zoo schept men op ieder quadrant achter een positieven opzuiger overal negatieve electriciteit, tot zeer digt achter dien opzuiger zelfs.

En verder blijkt de deugdelijkheid dezer opheldering uit de licht-verschijnselen in het donker; waar men positieve pluimen aan de punten van den conductor vindt, als een bewijs van opzuiging van negatieve electriciteit, b. v. aan ons direct geladen eerste element van zoo even, daar ziet men ook zulk een positieven pluim aan de kartonnen spits van het papieren element. Wordt de lading van het papieren element, waarin de electriciteit zich zoo moeijelijk voortbeweegt, groot genoeg, dan ziet men eindelijk aan den tegenovergestelden kant, waar het karton rond uitloopt, nu en dan eene negatieve gloring die door den daaraan zich vastknoopenden positieven pluim naar de zuigpunten van den conductor gerigt is; dit bewijst dat hier dan weder negatieve electriciteit afstroomt, die zich met de

tegenover die zuigers plotseling vrij geworden positieve electriciteit verbindt Hier ziet men dus inderdaad die schadelijke werking waarvoor ik waarschuwde, namelijk overgang van de gebonden electriciteit door de luchtlaag henen.

3°. Natuurlijk stroomt de positieve electriciteit van twee armen van den conductor steeds naar de negatieve van de beide andere armen henen; maar ik zie geen enkele reden, om deze eenvoudige wijze van beschouwen door ladings- en ontladings-stroomen, waarvan ik zoo even sprak, onduidelijk te maken.

Wij zien nu terstond in, wanneer de stroom in den conductor, schijnbaar geheel capricieus, zal omkeeren, dit zal terstond en dan alleen plaats hebben wanneer eenig quadrant van de schijf, in plaats van met vrije positieve, met vrije negatieve electriciteit van opzuiger A naar opzuiger B of omgekeerd overgaat. Dit nu zal gebeuren, wanneer de conductoren zoo ver uit elkander getrokken zijn, dat de vonk niet meer kan overgaan; dan springen de reeds opgenomen positieve en negatieve electriciteiten op het glas terug; en, in plaats van met vrije negatieve electriciteit, draait dan eenig quadrant met de teruggesprongen vrije positieve electriciteit verder, en omgekeerd. Zeer ligt kon ik dit terugspringen bemerken bij eene fraaije door RÜHMKORFF vervaardigde machine met twee elementen van mijn vriend HANEKUIJK alhier; wanneer ik de conductoren te ver uithaalde en dan liet doordraaijen, hoorde ik terstond het knisterend geluid van de ontlading langs het glas; liet ik echter plotseling stil houden, dan kwam ik die te hooge spanning en ontlading nog voor en vernam het geluid niet

Het middel door HOLTZ in POGGENDORFF's Annalen Band CXXX, p. 171 aan de hand gedaan, om die willekeurige omkeering van den stroom te voorkomen, waarnaar tegenwoordig de zeer eenvoudige machines van BORCHARDT worden ingerigt, bestaat eenvoudig in een neven-conductor met zuigspitsen die aan de teruggesprongen electriciteiten gelegenheid geeft om zich zeer gemakkelijk te vereenigen aleer zij tot het volgend element zijn voortgedraaid.

4°. Met mijn werktuig met vier elementen heb ik het zeer eenvoudig in mijne magt, om den stroom, zoo dikwijls ik zulks verlang met gesloten conductoren om te keeren. Ik behoef

daartoe maar even de schijf verkeerd, tegen den keer in, te draaijen; zoodra ik dan de schijf weêr in de goede rigting begin te draaijen, vind ik den stroom omgekeerd; in enkele minuten keer ik zoo den stroom herhaalde malen om.

De verklaring is eenvoudig: door een negatief geladen papier b. v. wordt op de draaijende schijf negatieve electriciteit vrij; in plaats van deze, zoo als behoort, door de opzuigers van den conductor te laten opnemen, draai ik haar terug en breng haar voor een deel op den vroegeren naast voorgelegen tak van den conductor en voor een ander deel op het naast voorgelegen element, dat met zijne spits immers over de binnenvlakte der schijf sleept, over; in een oogenblik is nu dit naast voorgaande element, dat tot nog toe positief was, negatief geladen. Zoo zijn terstond de ladingen van alle elementen omgekeerd; het in den conductor opgenomen deel der electriciteit helpt mede in zoo verre dit positieve electriciteit voor het tweede voorgaande element vrij maakt. Begin ik dan weêr normaal te draaijen, dan is de stroom omgekeerd. Dit kan ik zoo dikwijls herhalen als ik verkies, mits ik niet zóó lang in verkeerden zin blijf draaijen dat ik alle vrije electriciteit kom te verliezen.

5°. Wanneer ik met den vinger of een koperdraad voor de openingen der elementen al digter en digter kom aan de binnenvlakte van de draaijende schijf, dan beginnen mijn vingertop of de punt van den koperdraad sterk te lichten, als een bewijs dat door hen van de vrij geworden electriciteit wordt opgenomen; wanneer de op den tegenover den vinger, aan de buitentenzijde der schijf, gelegen opzuiger van den conductor negatieve electriciteit opvangt, is natuurlijk ook de electriciteit die in den vinger stroomt, negatief, en ziet men ten bewijze hiervan een positieven pluim van den vinger uitgaan. De spitsen van den opzuiger, de punt van het kartonnen reepje van het papieren element en de vinger of koperdraad, die naast die kartonnen punt bij de draaijende schijf wordt gebragt, allen vertoonen te gelijk positieve pluimen. Het was mij nog niet zoo duidelijk, dat de electriciteit die in den vinger instroomt, in mindering komen moest van hetgeen de conductor ontving; want om bij de opzuigers van dezen te komen, moest zij toch eerst nog door de dikte van het glas dringen; ten anderen maakte Dr.

P. J. KAISER te Leiden machines met één vaste en twee draaijende schijven, en erlangde daardoor eene veel grootere werking. Zoo dacht ik, konde ik welligt de opgevangen hoeveelheid der electriciteit vermeerderen, wanneer ik op den conductor ook de electriciteit van de binnenvlakte der schijf opving. Ik liet daarom vier holle gebogen armen vervaardigen, die ik aan de opzuig-cylinders van den conductor konde aanschuiven, zonder in conflict te komen met de spitsen, omdat die armen over de vereischte uitgestrektheid waren opgespleten; die armen liepen dan vrij om de schijven heen en kwamen met een regt gedeelte juist voor de opening van het element te liggen en waren hier met opzuig-spitsen bezet. Ik ving dan nu werkelijk de electriciteit van binnen- en buitenvlakte der schijf op den conductor op; maar terwijl één of twee armen niet veel afdeden, werd door de vier armen de werking verbazend verzwakt. Ik had dus verkeerd geredeneerd en de proef mislukte, om de a posteriori zeer ligt aan te wijzen reden, dat ik aan de papieren elementen en hunne kartonnen spitsen hun noodzakelijk voedsel ontnomen had en mij dit voor den conductor had toegeëigend.

Echter heb ik door dit onderzoek al weder iets geleerd. Ik wilde nog eens beproeven door terugdraaijen den stroom om te keeren; maar tot mijne verwondering wilde mij dit niet gelukken, terwijl ik toch een paar weken vroeger deze proef honderde malen misschien genomen had. Ik bemerkte echter, dat ik nog één der omgebogen armen aan den conductor had gelaten; deze arm had alzoo de verkeerde electriciteit die hier werd aangevoerd, voor den conductor aan zich getrokken en daardoor de nevengelegen kartonnen spits beveiligd; zoodra ik dus weder normaal ging draaijen, had althans dit éene papieren element zijne normale lading, behouden en was de stroom weder spoedig op zijne vorige hoogte hersteld.

Alle electriseer-machines van BORCHARDT worden beproefd eer zij worden afgeleverd; dat ik stellig wel de kracht bereikte, die mijn werktuig in Berlijn bezat, blijkt dunkt mij daaruit, dat ik gedurende het verloop mijner onderzoekingen den bijbehoorenden stok-condensator bereids geperforeerd en stuk gemaakt heb.

RAPPORT,

UITGEBRAGT IN DE GEW. VERG. VAN 29 APRIL 1870.

In de vergadering van de Natuurkundige Afdeeling der Koninklijke Akademie van Wetenschappen van 19 Maart 1870, werd in onze handen gesteld eene missive van Z. E. den Minister van Binnenlandsche zaken, van den 8sten Maart 1870, nº 192, 5de Afd. Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen, begeleidende eene missive aan Z. M. den Koning gericht door den Heer CORNILL WOESTIJN te Parijs van den 25 Februari 1870, waarin deze Heer aan de goedkeuring van Z. M. onderwerpt een voorstel om de schadelijke bestanddeelen in de lucht der ziekenzalen te vernietigen bij het uitstroomen van deze lucht naar buiten.

De Heer WOESTIJN gaat uit van het beginsel, dat de lucht het voermiddel der infectie bij de verbreiding van contagieuse en miasmatische ziekten zoude zijn. De andere middelen van verbreiding door personen en voorwerpen worden door hem niet in aanmerking genomen. Terwijl hij zich dus alleen tot de zuivering van de lucht bepaalt, en daarbij het beginsel aanneemt dat de infecteerende stoffen zouden bestaan in organische kiemen en zaden (sporen), eene leer die in de laatste jaren meer en meer aanhangers gewonnen heeft, stelt hij zich voor deze kiemen door eene hooge temperatuur te vernietigen. Reeds sedert langen tijd is men gewoon, in scheikundige bewerkingen en sommige physiologische proeven de organische stoffen, en daaronder ook de genoemde kiemen, door verbranding of gloeihitte te vernietigen. Ditzelfde meent nu de Heer WOESTIJN te mogen toepassen, om de *organische kiemen*, die als de oorzaak van infectie door ziekten worden beschouwd, te vernietigen, en dus aan de lucht, die uit de ziekenzalen ontsnapt, hare verderfelijke eigenschappen te ontnemen.

Zijne methode komt hierop neder, dat in de ventilatie-buizen of zoogenaamde *cheminées d'appel*, waardoor de lucht der ziekenzalen naar buiten gevoerd wordt, roosters uit concentrische ringen bestaande worden geplaatst, uit welke ringen gasvlammen zoodanig uitstroomen, dat de door die roosters strijkende lucht in aanraking met de gasvlammen zoude moeten komen, waardoor de in de geïnfecteerde lucht zwevende organische deeltjes verbrand zouden worden.

De Heer WOESTIJN zegt verder: dat, in stede van zulke roosters te plaatsen in de algemeene ventilatie-buis, het nog beter zoude zijn, om in de verschillende zalen kachels met zulke roosters voorzien te plaatsen, zelfs in dezelfde zaal, waar de meest contagieuse ziekten behandeld worden, er meerdere te plaatsen, om daardoor de bedorven lucht spoediger te verwijderen.

De Heer WOESTIJN heeft deze zelfde voorstellen gebracht in de vergadering der Fransche Akademie van 14 Maart 1870, en heeft, tengevolge der toen gemaakte aanmerkingen, in de vergadering van 21 Maart daaraanvolgende zijne desinfectiemethode der lucht zoodanig gewijzigd, dat hij in de ventilatiebuizen filtreerramen gevuld met amianthwatten geplaatst wil hebben. De lucht zoude bij de filtratie door de amianthwatten, evenals bij de doorvoering door eene laag katoenwatten, de zwevende organische deeltjes verliezen, terwijl van tijd tot tijd de amianthwatten door eene gasvlam zouden worden verhit, waardoor de organische deeltjes zouden worden verbrand en de amianthwatten haar vorig terughoudend vermogen zouden herkrijgen.

De Generaal MORIN heeft, naar ons oordeel, terecht in die vergadering tegen dit laatste plan aangevoerd, dat 1°. het in het geheel niet bewezen is dat de amianthwatten evenals de katoenwatten de eigenschap bezitten, om de lucht van die uiterst fijne organische moleculen te zuiveren, en 2°. dat, mogt dit ook al zijn, eene laag amianthwatten, in staat om dit doel te bereiken, de beweging der lucht zoodanig zoude belemmeren, dat de beweegkracht noodig om per uur 6000 à 9000 cubieke meter lucht uit eene ziekenzaal met 100 bedden uit te zuigen, ontzettend groot zoude moeten zijn. Nog later in de zitting der Fransche Akademie van 28 Maart heeft de Heer WOESTIJN op nieuw eene nota ingezonden, waarin eene inrigting door hem

wordt voorgesteld daarin bestaande, dat de ventilatie niet door groote luchtstroomingen zoude geschieden, maar door een aantal kleine stroomingen, welke de geheele uitgebreidheid van de zaal zouden beheerschen (la transformation des grands courants habituels de ventilation en une infinité de petits courants embrassant toute l'étendue de la salle).

Het blijkt dus, dat de Heer WOESTIJN nog steeds er op uit is de inrigting te wijzigen; dat het slechts voorstellen zijn die door hem opgeworpen worden, doch dat hij nog niet tot de toepassing gekomen is, althans dat hij daarvan nog geene mededeeling gedaan heeft. Uwe Rapporteurs hebben gemeend de bijzonderheden, die de zittingen van de Fransche Akademie opgeleverd hebben, niet met stilzwijgen te mogen voorbijgaan. Met het oog op den inhoud van de missive van den Heer WOESTIJN wenschen zij zich voor het overige te bepalen tot de beoordeeling van het voorstel, vervat in de nota, om de lucht die uit de ziekenzalen naar buiten ontlast wordt, te zuiveren door de verbranding der organische kiemen, die geacht worden de infectie te bewerken.

Er zijn hier twee zaken te onderscheiden, te weten:

1°. de vragen die zich onmiddellijk aansluiten aan het beginsel in het algemeen.

2°. De resultaten die uit de toepassing te wachten zijn.

1°. De vragen die zich onmiddellijk aansluiten aan het beginsel in het algemeen. Het moge nu zijn, dat men in de meergenoemde kiemen de oorzaak van de infectie meent te mogen stellen, het is niet meer dan eene hypothese; neemt men haar onder dit voorbehoud aan, dan is de vraag nog te beantwoorden, of men de levens-eigenschappen dier kiemen met den toestel van den Heer WOESTIJN volkomen zal vernietigen.

Het doorstroomen van de lucht door de ventilatie-buizen, zoo als die door den Heer WOESTIJN voorgesteld worden, kan niet gelijk gesteld worden met de methode die door de scheikundigen en physiologen bij het gloeijen van buizen in toepassing wordt gebracht, en het feit door den Heer WOESTIJN aangevoerd, dat de lucht die uit het glas van eene brandende lamp ontsnapt, van de organische kiemen bevrijd zoude zijn, kan moeijelijk van toepassing geacht worden voor de inrigting

door hem voorgeslagen, waarvan men met recht mag betwijfelen of daardoor alle kiemen volledig vernietigd zouden zijn.

Het experimenteele bewijs schijnt de Heer WOESTIJN althans niet noodig geacht te hebben.

2°. De resultaten die uit de toepassing te wachten zijn.

De Heer WOESTIJN schijnt zeer groote waarde te hechten aan de zuivering van de lucht vóórdat zij uit de ziekenzalen in den dampkring uitstroomt. Ware het nu dat de ondervinding bewezen had, dat door die uitstroomende lucht groote schade aangerigt wordt, dan zoude men zeker die luchtzuivering van groot belang mogen rekenen. Intusschen is hiervan, op grond van de ervaring, al zeer weinig met zekerheid te zeggen; zelfs zoude het niet moeijelijk vallen eene reeks van feiten aan te voeren, die zoodanige in de lucht zwevende infectie van de ziekenzalen uitgaande en over de stad uitstroomende, in hooge mate problematisch maken. Zoo is b. v. voor het Binnengasthuis te Amsterdam, hetgeen van verschillende zijden door woonhuizen omgeven is, die schadelijke invloed op de bewoners der belendende huizen, zoover ons bekend is, nimmer gebleken. Hiermede zij evenwel niet beweerd, dat het uit een algemeen hygienisch beginsel niet raadzaam zoude zijn de lucht der ziekenzalen van de schadelijke stoffen te zuiveren Meent men de verbreiding van miasmatische of contagieuse ziekten door vernietiging der kiemen te moeten keeren, dan is eene eerste voorwaarde, dat de methode van luchtzuivering de waarborgen levert dat het doel zoo volledig mogelijk bereikt zal worden. Daartoe zal wel in de eerste plaats in aanmerking komen de desinfectie van de lucht in de ziekenzalen en van de verschillende objecten, zooals de verbandstukken, de kleeding en bovenal de excrementen.

De aanwending van desinfecteerende middelen, zooals phenylzuur, chloorkalk, ijzervitriool, enz., moet dus nog steeds als van het grootste belang beschouwd worden.

Daarnevens kan dan de zuivering van de uitstroomende lucht in aanmerking komen. Is voor dit doel nu de methode door den Heer WOESTIJN voorgesteld, bijzonder aanbevelingswaardig?

Dat zij niets nieuws bevat, bleek reeds uit het vroeger aangevoerde, maar Uwe Rapporteurs meenen daarbij te mogen

voegen dat het stelsel nog zeer onvolledig is, zoodat het met andere inrigtingen van gelijken aard vergeleken, daarbij blijkbaar achterstaat. Ongeveer tien jaren geleden werd door Uwe Rapporteurs in het Binnengasthuis te Amsterdam op eene der ziekenzalen eene inrigting van verwarming en ventilatie daargesteld, die in ruimere mate aan de eischen van luchtzuivering voldoet. Behalve eene inrigting van ventilatie tot afvoer door eene *cheminée d'appel*, zijn de gaskachels op zoodanige wijze geconstrueerd, dat deels daardoor versche lucht van buiten in de zaal instroomt, nadat de lucht door den gaskachel verwarmd is. Maar ook de lucht van de zaal wordt door den kachel gevoerd; deze lucht wordt door eene bijzondere constructie eerst vermengd met het tot de verbranding bestemde gas, hetwelk daarna boven een rooster van metaalgaas wordt aangestoken, zoodat hier geen kans bestaat dat eenige organische moleculen van de bedorven lucht aan de verbranding ontsnappen, waartoe in het systeem van den Heer WOESTIJN maar al te veel gelegenheid bestaat.

Wij meenen hiermede de waarde van het voorstel van den Heer WOESTIJN voldoende gekenmerkt te hebben, en stellen op grond hiervan aan de Afdeeling voor, aan Z. E. den Minister van Binnenlandsche zaken te antwoorden, dat zij in het voorstel van den Heer WOESTIJN niets heeft gevonden dat *nieuw* genoemd mag worden; dat de door dien Heer voorgestelde inrigting tot zuivering van de lucht uit de ziekenzalen slechts onvolledig kan dienen, en dat het doel om de infectie, van de ziekenzalen uitgaande, te keeren, daardoor zeker niet bereikt zal worden, daar nevens de uitstroomende lucht, nog vele andere middelen van verbreiding der infectie blijven bestaan, en de uitstroomende lucht slechts *voor een gedeelte* den weg kiest waar de verbrandingstoestel is geplaatst, terwijl ook zelfs hier de volledige vernietiging der besmettingskiemen nog als twijfelachtig beschouwd moet worden.

Amsterdam, 29 April 1870. J. VAN GEUNS.
E. H. VON BAUMHAUER.

INHOUD

VAN

DEEL IV. — STUK 3.

---

bladz.



GEDRUKT BIJ DE ROEVER - KRÖBER - BAKELS.



GEDRUKT BIJ DE ROEVER - KRÖBER - BAKELS.

VERSLAGEN EN MEDEDEELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

VAN

WETENSCHAPPEN.

Afdeeling **NATUURKUNDE.**

TWEEDE REEKS.

VIJFDE DEEL.



AMSTERDAM,
C. G. VAN DER POST.
1871.

VERSLAGEN EN MEDEDEELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

VAN

WETENSCHAPPEN.

VERSLAGEN EN MEDEDEELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

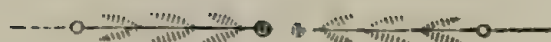
VAN

WETENSCHAPPEN.

Afdeeling **NATUURKUNDE.**

TWEEDE REEKS.

VIJFDE DEEL.



AMSTERDAM,
C. G. VAN DER POST.
1871.

GEDRUKT BIJ DE ROEVER-KRÖBER-BAKELS.

INHOUD

VAN HET

VIJFDE DEEL,

TWEEDE REEKS.

VERSLAGEN.

MEDEDEELINGEN.

VERSLAGEN EN MEDEDEELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

VAN

WETENSCHAPPEN.

Afdeeling NATUURKUNDE.

TWEEDE REEKS.

Vijfde Deel. — Eerste Stuk.



AMSTERDAM,
C. G. VAN DER POST.
1871.

BIJDRAGEN TOT DE FLORA VAN JAPAN

DOOR

F. A. W. MIQUEL.

(VERVOLG VAN VERSL. EN MEDED.
DEEL IV, BLZ. 16).

IV. SALICINEËN.

SALIX LINN.

KAEMPFER was de eerste die eene soort van dit geslacht in Japan ontdekte, welke hij onder den inlandschen naam *Janagi* in zijne *Amoenitates Exoticae p.* 903 vermeldde, volgens THUNBERG dezelfde die deze als *S. japonica* beschreef. THUNBERG verzamelde vier soorten, waarvan hij drie beschreef (*Fl. Jap. p.* 24—25), de vierde wegens onvolledigheid der exemplaren onbestemd liet (*ibid. p.* 369). Van gene hield hij twee voor nieuw, *S. japonica* en *S. integra*, de derde bragt hij tot de bekende *S. alba*. SIEBOLD had eene door hem in Japan opgespoorde soort naar den botanischen tuin te Buitenzorg gezonden, die BLUME onder den naam van *S. Sieboldiana* in zijne Bijdragen publiceerde. Na dat tijdvak werd de kennis der Japansche Wilgen nog vermeerderd door de verzamelingen der Amerikaansche Botanisten, waarvan N. J. ANDERSSON als nieuw beschreef: *Salix padifolia*, *S. viridula* en *S. subfragilis*, en tevens als in Japan inlandsch deed kennen *S. purpurea* LINN. en *S. repens* LINN.

Toen ik het onderzoek begon van de soorten, die in onze Japansche verzamelingen voorkomen, deden zich niet weinig moeielijkheden voor, niet enkel uit den ingewikkelden aard van dit geslacht, maar vooral ook omdat mij geene authentieke exem-

plaren der nieuwe soorten ten dienste stonden. Hierbij kwam het gemis van voldoende aanteekeningen omtrent de groeiplaatsen onzer exemplaren, waardoor het niet zelden groote inspanning kostte, de bladdragende, bloeiende en vruchtexemplaren in gewenschten zamenhang te brengen. De uitkomsten van dit onderzoek heb ik in de *Annales Musei botanici L. B.* III, p. 24—29 en daaruit in de *Prolusio Florae Japonicae* medegedeeld. Maar spoedig daarna ontving ik de uitstekende Monographie der Salices van N. J. ANDERSSON, een der voortreffelijkste systematische werken die in nieuweren tijd het licht zagen Niets was mij nu duidelijker dan dat mijn arbeid eene revisie behoefde, en om de meest juiste bestemming onzer soorten te verkrijgen, verzocht ik mijnen vriend, zich met die taak te belasten. Wat ik dus hier mededeel, bevat hoofdzakelijk de uitkomsten van ANDERSSON's onderzoek, waarbij ik tevens verwijs naar de door hem onlangs in DECANDOLLE's *Prodromus* gepubliceerde Synopsis van dit geslacht.

§ 1. *Pleiandrae. Amygdalinae.*

1. *Salix padifolia* ANDERS. *ap.* A. GRAY *in Memoirs of the Americ. Acad.* VI. *p.* 451. DC. *Prodr.* XVI. *p.* 256. *S. Oldhamiana* MIQ. *Ann. Mus. Bot. L. B.* III. *p.* 25. *Prolus. Fl. Jap. p.* 213 (ubi male flores diandri nuncupati). Et *Salix padifolia var. β viridula* AND. *l. c.* (olim species).

De vrouwelijke exemplaren van Simoda door ANDERSSON beschreven verschillen van onze door meer zeegroene bladen, bijkans ongesteelde katjes en ongesteelde zaaddozen, terwijl die van Jokohama, door WILLIAMS en MORROW en door OLDHAM verzameld, met onze overeenkomen. Overigens vereenigt ANDERSSON thans de twee vroeger door hem onderscheiden soorten, waarvan de eene naar mannelijke, de andere naar vrouwelijke exemplaren beschreven was, die hij tot de *Salices hastatae* rekende, maar die volgens zijn tegenwoordig gevoelen juister eene plaats onder de *amygdalinae* innemen. De vorm door mij als *S. Oldhamiana* beschreven, wijkt door eenige kenmerken af, zoodat ook deze soort meerdere spelingen schijnt voort te brengen.

§ 2. *Fragiles seu albae.*

2. *Salix babylonica* LINN., MIQ. *Annal. l. c. p.* 25, *Prolus. p.* 213. *Var. japonica* AND. *l. c. p.* 213. *S. japonica* THUNB. *Fl. Jap. p.* 24. MIQ. *l. c. p.* 24, *Prol. p.* 212.

Volgens ANDERSSON kan deze japansche vorm niet van de eigenlijke treurwilg gescheiden worden. „Vix autem nisi modificatio hujus speciei dicenda,” zegt hij, maar, hoezeer ik dit gevoelen gaarne aanneem, moet ik opmerken dat hare kenmerken zoowel in Java, waar zij ingevoerd werd, als ook in de europeesche tuinen standvastig blijven, hetwelk echter voor eene meer constante varieteit, die door stekken wordt voortgeplant, niet onverklaarbaar is. Onder onze japansche exemplaren bevinden zich eenige die meer met den gewonen vorm der *babylonica* overeenstemmen en die ik onder dezen naam vroeger vermeld heb. — De gewone vorm met lange hangende takken schijnt ook een voortbrengsel der kultuur te zijn, want de in Kurdistan en Mesopotamië gevonden wilde exemplaren hebben bijkans regtopgaande takken.

§ 3. *Cinerascentes seu Capreae.*

3. *Salix Caprea* LINN., ANDERSS. *l. c. p.* 222.

Tot deze ver verspreide en door MAXIMOWICZ ook in Amurland gevonden soort brengt ANDERSSON exemplaren die ik tot de volgende als „sub anthesi lecta” gerekend had (*Annal l. c. p* 28, *Prol. p.* 217), hij voegt er evenwel bij dat zij zeer naderen aan *S. Wallichiana* AND. *l. c. p.* 223, eene continentaal-indische soort. Onze exemplaren stemmen echter met die van MAXIMOWICZ zoo volkomen overeen, dat indien deze onder de vormen van *S. Caprea* behooren, ook onze daartoe moeten gebragt worden.

4. *Salix Buergeriana* MIQ. *Annal. l. c. p.* 28 *Prolus. p.* 216 (femin.). Verisimiliter huc *Salicis species incerta* MIQ. *l. c. p.* 16, *n.* 7, *Prol p.* 214 (mas).

ANDERSSON houdt deze soort, die ik met *S. Caprea* vergeleken had, voor zeer verwant aan *S. Sieboldiana*, eene in Japan zeer verspreide en niet weinig variabele soort, die even als *S.*

tetrasperma in Indië, zeer vele spelingen aanbiedt. Moet *S. Buergeriana* werkelijk tot de vormen der *Sieboldiana* gebragt worden, blijft zij nogtans door onderscheidene karakters gekenmerkt, die ik t. a. p. vermeld heb, waarbij ik vooral hecht aan de bekleeding der capsulae, den stijl en de splitsing der stigmata. Omtrent dit laatste kenmerk doet ANDERSSON echter opmerken, dat ook bij andere soorten, bijv. bij onze *S. viminalis* de stigmata zeer onstandvastig van vorm zijn, en onverdeelde, tweetandige en tot aan den voet gespleten vormen voorkomen.

5. *Salix Sieboldiana* BL. *Bijdr. p.* 517. MIQ. *Ann. l. c. p.* 28. *Prolusio p.* 216. AND. *Monogr. Salic. p.* 84, *fig.* 47. DC. *Prodr. l. c. p.* 225. *S. caloptera* MIQ. *Ann. l. c. p.* 26. *Prolus. p.* 214 (sterilis).

Indien men de voorgaande soort niet afscheidt, treedt *S. Sieboldiana* onder drie vormen op: 1° met kortere smalle ongesteelde vrouwelijke katjes; ovale bijkans kogelronde grijsviltige zaaddozen, die de zeer kleine bracteën bedekken; bijkans geen stijl, gespleten stempels; 2° met langere meer of minder gebogen vrouwelijke katjes; zaaddozen eirond-kegelvormig, naar boven spits toeloopend, naar beneden witachtig behaard, overigens rijper wordend bruinachtig en onbehaard, met eenen korten doch duidelijken stijl, kortere tweespletige stempels; langere bleeke eenigzins spitse de beharing bijkans verliezende bracteën; deze vorm, zegt ANDERSSON, nadert zeer aan *Buergeriana*, naar mijne opvatting behoort zij daartoe werkelijk en de geheele vraag berust op de al of niet standvastigheid der genoemde karakters: 3° exemplaren die BLUME met n° 1 voor *Salix Sieboldiana* verklaard heeft, met korte bogtige katjes, ronde sterk witachtig-grijs behaarde bracteën; smalle dunne fijn grijs behaarde bijkans onbehaard wordende zaaddozen, met duidelijken stijl en tweespletige als kruisgewijze stempels. Deze nadert tot *S. padifolia.* De vraag of men hier drie soorten of slechts vormen eener soort moet aannemen, laat ANDERSSON voor als nog onbeslist. De exemplaren door WRIGHT bij Simoda verzameld en door A. GRAY als *Sieboldiana* bestemd, houdt hij voor twijfelachtig, wellicht tot *S. padifolia* of *Buergeriana* te brengen. *S. caloptera* van Japan vertegenwoordigt bladdragende weelderig

ontwikkelde exemplaren van *Sieboldiana*, waarvan de in Java gekultiveerde exemplaren niet verschillen.

§ 4. *Argenteae seu repentes.*

6. *Salix repens* LINN., AND. *in* DC. *Prodr. l. c. p.* 237, *Varietas japonica* AND. *in litt.* — *S. subopposita* MIQ. *Annal. l. c. p.* 28. *Prolus. p.* 216. *S. integra* THUNB. *Fl. Jap. l. c.* (*S. purpurea* AND. *ap.* A. GRAY *in Mem. Amer. Acad. l. c. p.* 451?).

Ik heb deze eigenaardige verscheidenheid vroeger breedvoerig beschreven. Zij treedt in Japan in allerlei vormen op; sommige zeer smalbladige vertegenwoordigen geheel de *var. β rosmarinifolia* AND. *l. c.* (*S. rosmarinifolia* LINN.), andere hebben grootere en breedere van onder sterk geaderde bladen met zeer ontwikkelde blijvende stipulae en herinneren aan *S. ambigua* EHRH., door ANDERSSON ook tot de vormen of bastaarden van *S. repens* teruggebragt. *S. repens* werd door MAXIMOWICZ ook in Amurland gevonden.

§ 5. *Rigidae seu hastatae.*

7. *Salix Miquelii* ANDERSS. *Monogr. p* 166. DC. *Prodr. l. c. p.* 256, *et var. β vulpina* AND. *l. c.* (*ap.* A. GRAY *l. c. species*).

Deze soort, waartoe *S. vulpina* thans als eene varieteit door ANDERSSON gerekend wordt, heb ik volgens zijne Monographie in de *Prolusio p.* 217 *en* 372 (*Annal. l. c. p.* 208) reeds vermeld, zonder echter *S. vulpina,* die ik alleen volgens de beschrijving kende, met haar te vereenigen

AFBEELDING.

Fig. a. een bloeiende vrouwelijke tak, nat. grootte; *b.* onrijpe zaaddoos of stamper, met schutblad en nectarium, vergroot; *c.* schutblad, van achter gezien en sterker vergroot; *d.* nectarium, vergroot als *c; e.* stijl, sterk vergroot; *f.* blad in natuurlijke grootte: *g.* bladrand vergroot.

§ 6. *Micantes seu viminales.*

8. *Salix gracilistyla* MIQ. *Annal.* III. *p.* 26. *Prolus. p.* 214

(*a.* 1867). *S. Thunbergiana* BL. *mss. in herb. berol.*, *ex* AND. *in* DC. *Prodr. l. c. p.* 271 (*a.* 1868). *S. alba* THUNB. *Fl. Jap. p.* 25 *ex* BL. *l. c.*, *qui hanc antea* (*in Bijdr.*) *ad S. Sieboldianam retulit.* In Herb. BUERGERI tanquam *S. Sieboldiana* prostat.

Aan de vroeger door mij vermelde groeiplaatsen kan nog toegevoegd worden: in de bergwouden bij Suso-Katogi in Nippon: BUERGER; in Maart 1829 bloeiend: SIEBOLD. *Riu Janagi* der Japanezen

§ 7. *Purpureae.*

9. *Salix purpurea* LINN., AND. *in* DC. *Prodr. l. c. p.* 306.

Onder de talrijke exemplaren van *S. repens* van ons Museum zag ANDERSSON een dat ontwijfelbaar tot deze soort behoort, die HOST ook reeds *oppositifolia* noemde. Dezelfde vermenging van deze beide soorten ontmoette ANDERSSON ook in het Herbarium te Kew, vermoedelijk ten gevolge van de gelijke groeiplaats.

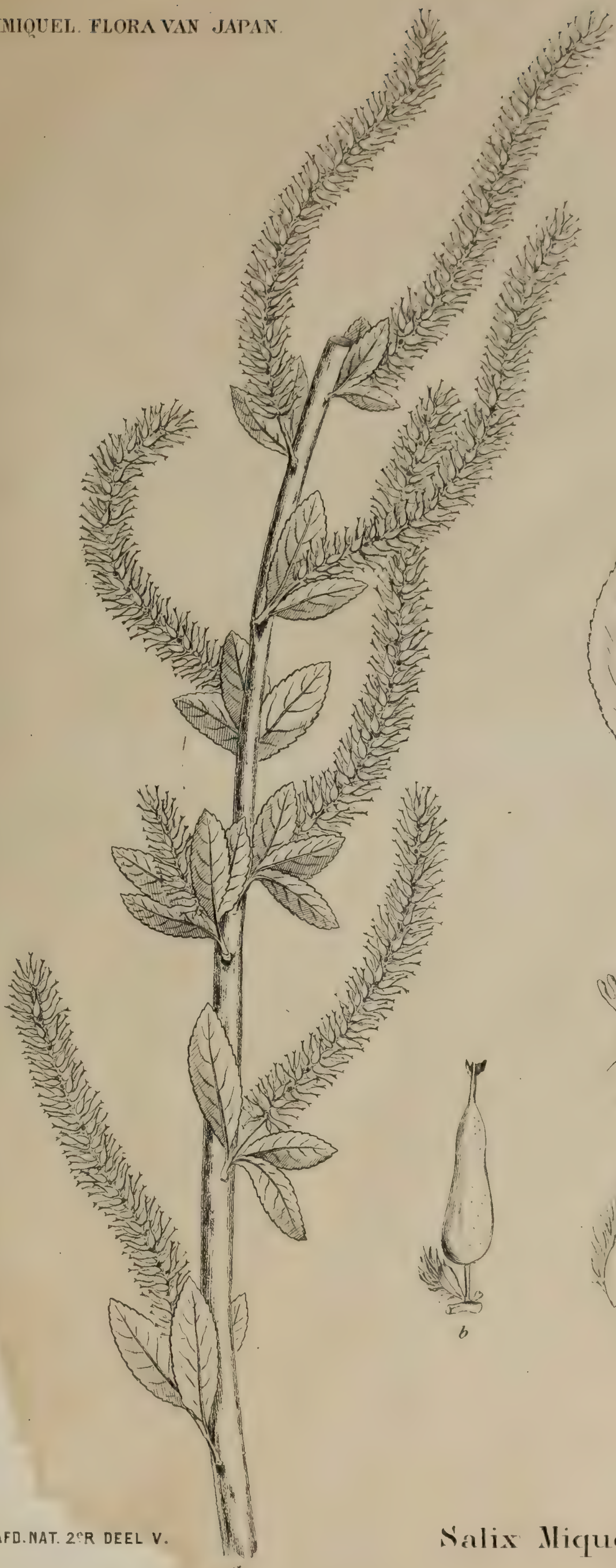
10. *Salix Pierotii* MIQ. *Annal. l. c. p.* 27. *Prolus. p.* 215.

Volgens ANDERSSON is deze eene geheel afwijkende soort, die tusschen *S. purpurea* en *S. fragilis* behoort geplaatst te worden. Zij groeit volgens SIEBOLD menigvuldig op het gebergte van Iwagama Imo, ook in de valleien; bloeit in April.

Omtrent *Salix subfragilis* AND. *ap.* A. GRAY *l. c. p.* 450 vind ik in zijne latere schriften niets vermeld, noch over de soort die *t. a. p.* als twijfelachtig tot *S. acutifolia* WILLD. gerekend werd. Of de *onbestemde soort* van THUNBERG (*Fl. Jap. p.* 369) tot *S. gracilistyla* behoort, kan alleen door de vergelijking van een authentiek exemplaar bepaald worden.

POPULUS LINN.

Aan de twee soorten, tot nu toe in Japan gevonden, valt niets toe te voegen. *Populus Sieboldi* is buiten Japan nog niet ontdekt; dat *P. tremula*, die van Europa naar Klein-Azië, tot in Cilicië, Kabylie en Davurie en over Noord-Azië verspreid is, in Japan ook optreedt, werd door MAXIMOWICZ aangetoond.



Salix Miquelii And.

ON THE

LUNAR ATMOSPHERIC TIDE

AT BATAVIA,

BY

P. A. BERGSMA.

Since January 1st, 1866, hourly observations of the barometric pressure of the Atmosphere have been made at the Batavian Observatory every day except on Sunday. The observations made from January 16th, 1866, to January 12th, 1869 have been discussed with the view of investigating the influence of the moon's position, relatively to the meridian, upon the barometric pressure.

General SABINE discussed, with the same object, the hourly observations of the barometric pressure made at St. Helena from October 1843 to September 1845 inclusive, and decidedly proved the existence of the Lunar Atmospheric Tide at St. Helena (See Phil. Trans. for 1847, I, 45).

The method used by General SABINE in the discussion of the St. Helena observations was the following: —

If b be called the height of the barometer at 0° C at any hour of observation, and b' the mean height of the barometer at the same hour during the month to which the day belongs, then $b—b'$ is a quantity which remains, after the approximate diurnal variation has been eliminated. The amount of $b—b'$ depends on many causes, amongst others on the influence of the moon upon the barometer, if this influence be not the same at the corresponding solar hours of the different days. The values of $b—b'$ were calculated for each hour of observation.

The mean solar hours, which were respectively nearest to the several lunar hours, were then computed for every lunar day, a lunar day being the time between two successive superior passages of the moon, and a lunar hour being the 24th part of a lunar day.

The values of $b—b'$ found for each solar hour were then inscribed in tables of the lunar days and the lunar hours, in such a way, that the value of $b—b'$ found for a particular solar hour was inscribed on the lunar hour, the nearest to that solar hour. The means of $b—b'$ at the several lunar hours in each month were then taken and these means were finally arranged in periods of six months, yielding mean values of the barometrical variation at the several lunar hours for each half year.

The final results obtained by General SABINE showed the existence of a barometrical maximum at the lunar hours of 0 and 12, the hours of the moon's superior and inferior passage, and a minimum at 6 and 18, the hours of the rising and setting of the moon, with a corresponding progression at the intermediate hours.

Captain ELLIOT deduced nearly the same result from observations made at Singapore from the beginning of 1841 to the end of 1845 (Sec. Phil. Trans. for 1852, I, 125). The method employed by Captain ELLIOT in the discussion of the Singapore observations was the same as General SABINE's.

Dr. NEUMAYER discussed in the same way a series of hourly observations of the barometer made at Melbourne from March 1st, 1858, to February 28th, 1863, (See Proceed. Royal Society, XV, 489). But the results obtained by Dr. NEUMAYER are not decisive.

For the two stations St. Helena and Singapore the existence of the Lunar Atmospheric Tide, dependent on the hour angle of the moon, may be taken as having been proved beyond all doubt. But nothing more than this has been proved; the particular features of the phenomenon, the relation existing between the different positions of the moon, relatively to the meridian, and the variation of the barometric pressure in the lunar day could never be brought to light by a method of

discussion as that employed by General SABINE and Captain ELLIOT.

The hours of observation, for which the differences $b—b'$ are found, do not coincide, in most cases, with the lunar hours, but partly precede and partly follow them. The distance between the hours of observation and the lunar hours sometimes amounts to half an hour. The effects of this want of synchronism are compensated at the lunar hours where the influence of the moon increases as much to the following hour as it has decreased from the preceding, and at the lunar hours where the inverse takes place. But this is neither the case at the hours of the maxima and the minima, nor at the hours preceding and following them. This has the effect that the range of the Lunar Atmospheric Tide is found less than it really is, and that the phenomenon can never be known in its true state, for at least at 12 of the 24 lunar hours. General SABINE made notice of this defect of his method in his paper on the Lunar Atmospheric Tide at St. Helena.

For this reason I have employed an other method of discussion than General SABINE's.

The mean times of the superior culminations of the moon at Batavia were calculated, and from these mean times the mean times at the commencement of the several lunar hours of each lunar day were deduced. Then the barometric pressures at the several lunar hours of each lunar day were calculated, by interpolation between the observed values at the solar hours. The observations at the solar hours had been corrected beforehand for the solar diurnal variation; this was necessary in order to be able to examine the variation of the Lunar Atmospheric Tide at different periods of the synodical revolution of the moon.

The lunar days were arranged in periods of 28 or 29 days, beginning with the lunar days of New Moon, except when these days were partly Sundays, in which case the preceding or the following day was taken as the first of the period. These periods were united by 12 or 13 in epochs, each nearly corresponding with a year of observation. The means of the barometric pressures at the several lunar

hours for every year and for the three years together were then taken.

The results are contained in Table I. The means for 1866 are deduced from the observations made from January 16th, 1866, to January 5th, 1867; those for 1867 from the observations made from January 5th, 1867, to December 26th 1867; those for 1868 from the observations made from December 26th, 1867, to January 12th, 1869.

TABLE I.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Lunar hours.	Hourly Means for 1866.	Hourly Means for 1867.	Hourly Means for 1868.	Hourly Means for the three years.	Differences between the Means for each of the lunar hours and the Mean for the lunar day.	Differences between the Means for each of the lunar hours and the lowest hourly Mean.	Differences between the Means for each of the lunar hours and for the next following hour.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0	758.89	758.89	759.32	759.040	+ 0.056	0.118	+ 0.014
1	8.90	8.90	9.34	9.054	+ 0.070	0.132	— 0 003
2	8.91	8.89	9.33	9.051	+ 0.067	0.129	— 0.018
3	8.89	8.87	9.32	9.033	+ 0.049	0.111	— 0.035
4	8.85	8.85	9.27	8.998	+ 0.014	0.076	— 0.036
5	8.83	8.81	9.22	8.962	— 0.022	0.040	— 0.014
6	8.82	8.79	9.21	8.948	— 0·036	0,026	— 0.006
7	8.83	8.79	9.20	8.942	— 0.042	0.020	0.000
8	8.84	8.78	9.19	8.942	— 0.042	0.020	+ 0.017
9	8.86	8.79	9.21	8.959	— 0.025	0.037	+ 0.029
10	8 90	8.81	9.24	8.988	+ 0.004	0.066	+ 0 024
11	8.91	8.84	9.27	9.012	+ 0.028	0.090	+ 0.010
12	8.92	8.86	9.27	9.022	+ 0.038	0.100	+ 0.001
13	8.94	8.86	9.25	9.023	+ 0.039	0.101	— 0.012
14	8.92	8.85	9.25	9.011	+ 0.027	0.089	— 0.023
15	8.90	8.82	9 23	8.988	+ 0.004	0.066	— 0.028
16	8.86	8.81	9.20	8.960	— 0.024	0.038	— 0.028
17	8.84	8.77	9.17	8.932	— 0.052	0.010	— 0·016
18	8.83	8.76	9.17	8.926	— 0.058	0.004	— 0.004
19	8.83	8.75	9.17	8.922	— 0.062	0.000	+ 0.008
20	8.83	8.76	9.18	8,930	— 0.054	0.008	+ 0.029
21	8.84	8.80	9.22	8.959	— 0.025	0.037	+ 0.031
22	8.86	8.83	9.26	8.990	+ 0.006	0.068	+ 0.031
23	8.90	8.86	9.28	9.021	+ 0.037	0.099	+ 0.019
Means	758.87	758.82	759.24	758.984			

The 5th column of Table I contains the means of the barometric pressures for the several lunar hours deduced from observations made during three years. These numbers show that the Lunar Atmospheric Tide at Batavia has two maxima and two minima. The two highest barometric pressures are those for the hours 1 and 13, the hours following the hours of the two passages of the moon through the meridian; the two lowest are those for the hours 7 and 19, the hours following the hours of the two passages of the moon through the horizon. The means for the hours 7 and 8 are the same, but by the means for the hours 6 and 9 it is evident that the minimum is nearer to 7 than to 8. The means found for each of the years 1866, 1867 and 1868 show nearly the same features as the means for the three years.

The regularity of the variation of the barometric pressure from hour to hour between the hours of the maxima and the minima is shown by the numbers contained in the 8th column.

The difference between the two extremes at the hours 1 and 19 is $0^{mm}.132$. The difference between the mean of the two maxima and the mean of the two minima is $0^{mm}.107$. The latter difference was found for St. Helena $0^{mm}.094$; for Singapore $0^{mm}.145$.

In order to examine whether any influence of the variation of the distance of the moon to the earth, and of the phases of the moon on the range of the Lunar Atmosperic Tide exists, the means of the barometric pressures on the lunar hours for the days of the apogee and the days preceding and following these have been calculated; the same has been done for the days of the perigee, New Moon, first Quadrature, Full Moon and second Quadrature.

The differences between the means of the maxima and the means of the minima for these six periods of lunar days are given in Table II.

TABLE II.

	For the periods of					
	Apogee	Perigee	New Moon	1st Quad.	Full Moon.	2d Quad.
Differences between the means of the Maxima and the means of the Minima.	mm 0.122	mm 0.137	mm 0.130	mm 0.132	mm 0.124	mm 0.117

As each of the periods comprehends only a small number of days, the same calculations have been made for periods comprehending the days of apogee with the two preceding and the two following days; the same has been done for the other periods. The results are contained in Table III.

TABLE III.

	For the periods of					
	Apogee	Perigee	New Moon	1st Quad.	Full Moon	2d Quad.
Differences between the means of the Maxima and the means of the Minima.	mm 0.100	mm 0.122	mm 0.141	mm 0.131	mm 0.102	mm 0.102

These numbers show that the range of the Lunar Atmospheric Tide is larger for the days of the perigee than for the days of the apogee. The same result was found by General SABINE. The numbers contained in the 4th, 5th, 6th and 7th columns show that this range is also very different at the different periods of the phases of the moon. General SABINE has only communicated the range of the Lunar Atmospheric Tide for the periods of syzygy and of quadrature; for these two periods the range was nearly the same. The mean of the numbers of the 4th and 6th columns is $0^{mm}.1215$: that of the numbers of the

5th and 7th columns is $0^{mm}.1165$; the difference between these two means is $0^{mm}.005$.

I think it necessary to add that not much value should be attached to the results contained in the Tables II and III; to decide these questions a much longer series of observations than one of three years must be discussed.

From the numbers contained in the 5th column of Table I I have deduced a periodic formula representing the variation of the mean barometric pressure during the lunar day. This formula is:

$$B = \overset{mm}{758.9839} + \overset{mm}{0.0184} \sin(\theta + 39^\circ 31') + \overset{mm}{0.0553} \sin(2\theta + 64^\circ 20')$$
$$+ \overset{mm}{0.0029} \sin(3\theta + 326^\circ 1') + \text{etc.}$$

In this formula B is the mean barometric pressure at that time of the lunar day, at which the hour angle of the moon is θ.

The mean barometric pressures at the several lunar hours have been calculated by means of this formula, firstly, taking into account only three terms, secondly, taking into account four terms. The calculated barometric pressures are given in the 2d and 4th columns of Table IV.

TABLE IV.

Lunar hours.	Calculated barometric pressures.	Calculated — Observed.	Calculated barometric pressures	Calculated — Observed.
	mm	mm	mm	mm
0	759.045	+ 0.005	759.044	+ 0.004
1	9.054	0.000	9.055	+ 0.001
2	9.047	— 0.004	9.049	— 0.002
3	9.026	— 0.007	9.029	— 0.004
4	8.993	0.000	8.999	+ 0.001
5	8.969	+ 0.007	8.969	+ 0.007
6	8.948	0.000	8.946	— 0.002
7	8.940	— 0.002	8.937	— 0.005
8	8.945	+ 0.003	8.943	+ 0.001
9	8.962	+ 0.003	8.962	+ 0.003
10	8.985	— 0.003	8.988	0.000
11	9.008	— 0.004	9.010	— 0.002
12	9.022	0.000	9.024	+ 0.002
13	9.024	+ 0.001	9.023	0.000
14	9.012	+ 0.001	9.010	— 0.001
15	8.990	+ 0.002	8.987	— 0.001
16	8.962	+ 0.002	8.960	0.000
17	8.936	+ 0.004	8.937	+ 0.005
18	8.920	— 0.006	8.922	— 0.004
19	8.918	— 0.004	8.921	— 0.001
20	8.932	+ 0.002	8.933	+ 0.003
21	8.958	— 0.001	8.958	— 0.001
22	8.991	+ 0.001	8.989	— 0.001
23	759.023	+ 0.002	759.020	— 0.001
Sum of the Positive differences		+ 0.033		+ 0.027
Sum of the Negative differences		— 0.031		— 0.025

The differences between the calculated and observed barometric pressures are contained in the 3d and 5th columns of Table IV. These differences are small and do not show a distinct periodicity; those contained in the 3d column are not much less than those contained in the 5th column. Therefore I think it sufficient to take only three terms into account, and think it very probable that the mean barometric pressures at different times of the lunar day at Batavia are represented by the formula:

$$B = \overset{mm}{758.9839} + \overset{mm}{0.0184} sin(\theta + 39°31') + \overset{mm}{0.0553} sin(2\theta + 64°20')$$

The mean barometric pressure of the lunar day is represented by the first term; the variation of the barometric pressure during the lunar day is represented by the two last terms; the 3d term represents a line with two maxima and two minima, the 2d term a line with one maximum and one minimum. By the 3d term a regular tide is represented; by the 2d term is represented that the tidal movement in the atmosphere is larger when the moon is above, than when it is under the horizon.

In how far the Lunar Atmospheric Tide at Batavia is really represented by this formula, must be decided by the discussion of a longer series of observations; it is likely that the coefficient of the 2d term will be found to have too great a value, because the difference between the two maxima is greater than could be expected by the range of the variation of the distance of the moon to the place of observation during a lunar day.

The maxima and minima of the mean barometric pressures during the lunar day, and the times when they occur, according to this formula, are contained in Table V.

TABLE V.

	Lunar time.	Barometric pressures.
	h	mm
1st Maximum	1.04	759.054
1st Minimum	7.12	758.939
2d Maximum	12.65	759.025
2d Minimum	18.62	758.917

Batavia, March 7th, 1870.

OVER NATUURMATEN.

DOOR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN,

Lid der Afdeeling Natuurkunde.

1. HUYGENS schreef reeds in zijn *Horol. Oscill.* *): „Caeterum penduli longitudinem, rotis quemadmodum diximus ordinatis, eam esse oportet ut scrupula secunda singulis recursibus metiatur, quae longitudo tripedalis est, et commode in schemate exhiberi non potuit. Tripedalem dico, non alicujus respectu pedis qui apud Europae gentem hanc illamve in usu sit, sed certo aeternoque pedis modulo ab ipsa hujus penduli longitudine desumpto, quem *Pedem Horarium* in posterum appellare liceat, ad illam enim omnium aliorum pedum mensurae referri debent quas incorruptas posteris tradere voluerimus. Neque enim, verbi gratiâ, ignorabitur unquam venturis saeculis Parisini pedis modus, dum constabit eum ad Pedem Horarium esse ut 864 ad 881." Hier hebben wij dus reeds het voorstel om de lengte van den secunde-slinger als *tijdmaat*, of beter gezegd als standaard, ter vaststelling van den *voet* aan te nemen. In 1664 schijnt dit voorstel reeds onder de geleerden besproken te zijn. Tevens geeft HUYGENS hier de lengte van den secunde-slinger, gelijk 440.5 Parijssche lijnen, eene bepaling die reeds op 2 of 3 tienden eener lijn naauwkeurig is. HUYGENS was lid der Fransche Academie bij hare oprigting in 1666, en op dit voorstel doelt het gezegde in een *Exposé* †): „c'est dans le sein de cette compagnie qu'un homme d'un grand génie, HUYGENS, en a conçu et préparé la première idée il y a plus d'un siècle." Hierop wijst op nieuw VAN SWINDEN, in zijn Rapport fait à l'Institut

*) *Opera. Edidit* 's GRAVESANDE. Vol. I, p. 36.

†) *Mémoires de l'Académie.* 1788. p. 20.

National le 29 Prairial an VII, waar hij de pogingen van HUYGENS en LA CONDAMINE tot invoering eener natuurmaat herinnert *).

HUYGENS wist toen nog niet, dat de lengte van den secunde-slinger niet overal op aarde even lang was. Dit feit werd in 1672 door RICHER ontdekt.

Verschillende breedte-graadmetingen volgden nu elkander op. Als eerste, die tevens een voorbeeld van naauwkeurigheid was, stond hier bovenaan die welke door WILLEBRORD SNELLIUS reeds in 1615 tusschen Alkmaar en Bergen-op-Zoom werd uitgevoerd †). Men wilde nu daardoor de afplatting der aarde aantoonen, die de wiskundigen al terstond uit de verandering in de lengte van den secunde-slinger hadden afgeleid. Om dit punt voor goed te onderzoeken, werden in 1735 twee nieuwe graadmetingen aangevangen: eene door BOUGUER en LA CONDAMINE onder den aequator en eene andere door MAUPERTUIS en CLAIRAUT zoo hoog doenlijk in het Noorden. Deze werden met bepalingen der lengte van den secunde-slinger op verschillende breedten verbonden. BOUGUER en LA CONDAMINE beiden drongen aan op de invoering van de lengte van den secunde-slinger als grondmaat. Bij het einde der graadmeting in Peru werd de onder den aequator te Quito gevonden lengte van den secunde-slinger aldaar in steen gehouwen §) met het onderschrift: Mensurae naturalis exemplar, utinam et universalis. HATTON en WHITEHURST in Engeland trachtten evenzeer in 1774 en 1787 de lengte van den secunde-slinger als standaard voor de lengtematen in te voeren.

Voor de metingen in Peru en in het Noorden werden door LANGLOIS twee toisen vervaardigd, kopieën van de standaard-toise van 1668 **). De eerste toise, die onder het opzigt van GODIN vervaardigd was, werd naar Peru medegenomen en is ongedeerd teruggekomen. De tweede, die onder het opzigt van DE LA CON-

---

*) DELAMBRE, *Base du système métrique*. III, p. 593.

†) *Eratosthenes Batavus*. L. B. 1617.

§) DE LA CONDAMINE, *Nouveau Projet d'une mesure invariable. Mémoires de l'Académie*. 1747. p. 504, waar men die maat vindt afgebeeld.

**) *Base du système métrique*. III, p. 405 en *Mesure des trois premiers degrés du méridien*, par DE LA CONDAMINE. 1751. p. 75 et 85.

DAMINE vervaardigd en door MAUPERTUIS naar het Noorden mede genomen was, leed schipbreuk in de Bothnische golf en roestte daardoor — beiden waren van gepolijst ijzer —; de commissie voor het Métrique stelsel vond aan deze toise duidelijk een klein stukje ter correctie aangebragt, waaromtrent zij niet konde uitmaken of het vóór, dan wel na de reis naar Lapland er was aangehecht; hierdoor verloor dus deze tweede toise hare authenticiteit, en naar aanleiding hiervan zeide BESSEL *) kortweg: dat deze tweede toise door schipbreuk verloren was gegaan.

Behalve deze twee bestond nog eene derde kopie, insgelijks door LANGLOIS vervaardigd, die MAIRAN bezigde bij zijne bepaling der lengte van den secunde-slinger †). De commissie van het Métrique stelsel had dus drie toisen tot hare dispositie, die oorspronkelijk, natuurlijk binnen zekere grenzen van naauwkeurigheid, aan elkander gelijk waren geweest. De toisen du Pérou, du Nord et de Mairan.

Sints den tijd van HUYGENS heeft men zich dus meer dan eene eeuw lang bezig gehouden met het denkbeeld om den secundeslinger als standaard voor lengte-maat in te voeren, en de lengte die als standaardmaat tot ons gekomen is, is de maat van zes voet, de toise, die, mogelijk ook wel op zijn aanraden en dat van PICARD §), die met hem bij de oprigting lid der Fransche Academie was, in 1668 op nieuw vastgesteld, aan het Châtelet werd vastgeklonken en waarvan de drie genoemde toisen kopieën zijn.

2. Hoe kort ook, men heeft in het gezegde een beknopt overzigt van den ontwikkelingsgang der vaststelling van de lengtemaat. PICARD ijverde met HUYGENS reeds voor de lengte van den secunde-slinger als natuurmaat. Verlangt men nog meer omtrent die toisen te weten, die zulk eene groote rol gespeeld hebben, dan vindt men dit in de verhandeling van DE LA CONDAMINE van 1758: *Remarques sur la Toise étalon du Châtelet* **). Dezelfde geleerde spreekt ook nog op eene andere plaats

*) *Darstellung der Untersuchungen und Maassregeln, welche durch die Einheit des Preussischen Längenmaasses veranlasst worden sind.* Berlin, 1839. p. 6.

†) *Base du système métrique.* III. p. 406.

§) *Mémoires de l'Académie.* Tom. VI. p. 432.

**) *Mémoires de l'Académie.* 1772. Part. II. p. 482.

over die natuurmaat *). In 1788 begon de groote beweging in Frankrijk ter verkrijging van eenheid en vastheid in maat, gewigt en munt. In 1790 bragt TALLEYRAND-PERIGORD de zaak in de Constituante, en reeds den 22sten Augustus van dat jaar werd door den koning het voorstel goedgekeurd, hetwelk hiertoe strekte dat, ook met goedkeuring van den koning van Engeland, door vereenigde Fransche en Engelsche geleerden de lengte van den secunde-slinger op 45° noorder breedte, of op eenig ander punt, bepaald zoude worden, en dat daarop een stel van maten zoude worden gegrondvest. Men ziet derhalve, dat toen bepaald de lengte van den secunde-slinger nog altijd de hoofdgedachte bij het ontwerpen van een stelsel van maten uitmaakte. Als commissarissen werden benoemd DE BORDA, LAGRANGE, LA PLACE, MONGE en CONDORCET; hiermede was de eerste commissie van het Métrique stelsel geconstitueerd; den 19den Maart 1791 bragt zij haar eerste rapport uit; het einde van het mandaat dezer commissie, die gedurig met nieuwe leden werd aangevuld en waaraan ten slotte ook buitenlandsche commissarissen deel namen, kan men gevoegelijk stellen op den 23sten Junij 1799, toen voor het wetgevend ligchaam (van wege het Institut des sciences) rapport werd uitgebragt †) en standaardmeter en kilogram in de Nationale archiven gedeponeerd werden.

In dat rapport van 19 Maart 1791 §) werd reeds terstond, gelijk ook door VAN SWINDEN in het laatste algemeene rapport, dat voor het vereenigde Instituut gelezen werd, wordt opgemerkt **), de secunde-slinger als eenheid van maat verworpen. Terwijl men het 40millioenste gedeelte van den aard-meridiaan als eenheid van maat voorstelde, werd echter de lengte van den secunde-slinger behouden, als middel om die nieuwe eenheid daaraan ten allen tijde te kunnen toetsen. Hierdoor werd als met een enkel woord het standpunt geschapen waarop wij ons tegenwoordig nog bevinden — een standpunt, waarop zich vervolgens SABINE, HANSTEEN, BESSEL, SCHUMACHER en zoo vele an-

---

*) *Mémoires de l'Académie.* 1745. p. 486.

†) *Base du système métrique.* III. p. 581.

§) *Mémoires de l'Académie.* 1788. p. 9.

**) *Base du système métrique.* III. p. 594.

deren plaatsten, dat van eene willekeurige maat namelijk, gecontroleerd door de lengte van den secunde-slinger op eenig punt der aardoppervlakte. Bonné sloeg in 1790 een gedeelte van den aequator der aarde als normaal-maat voor en noemde die aequatoriaalvoet *).

Er behoort juist niet veel scherpzinnigheid toe om op te merken, dat juist het beginsel der commissie om den secunde-slinger eenvoudig als middel van verificatie te gebruiken, maar hemzelven als eenheid van maat los te laten, hoe rationeel het ook wezen moge, meer dan iets anders aan de algemeene invoering van den meter als maat voor alle volken heeft in den weg gestaan en zal blijven in den weg staan. Wij kunnen hier het citaat repeteren van BAUDIN, president van den Conseil des Anciens, in zijn antwoord aan de commissarissen van het Instituut †), waar hij het gezegde van ROUSSEAU aanhaalt: „Les hommes préféreront toujours une mauvaise manière de savoir à une meilleure manière d'apprendre." Immers door op den secunde-slinger als middel tot contrôle te wijzen, was het voor ieder volk het eenvoudigst, om bij zijne eigen maten te blijven en die door die natuurmaat juist te bepalen, in stede van eerst eene andere geheel ongebruikelijke dusgenaamde natuurmaat in te voeren, die dan toch weêr op dezelfde wijze moest worden geverifieerd. Uit dit oogpunt is het wel de grootste fout die men begaan kon, toen men de lengte van den secunde-slinger op 45° breedte, die toch zoo digt bij den meter kwam, als eenheid van maat losliet.

3. Hiermede is tevens het oogpunt gepreciseerd, waaruit ik de eischen aan eene natuurmaat te stellen wil beschouwen. Ik wil eenvoudig deze dubbele vraag beantwoorden: is de naauwkeurigheid waarmede oorspronkelijk de meter werd vastgesteld, en waarmede de lengte van den secunde-slinger toen en nu bepaald wordt, in goede verhouding met de naauwkeurigheid waarmede twee lengte-maten tegenwoordig kunnen worden vergeleken — en is ten tweeden de voor den secunde-slinger bereikbare naauw-

*) Muncke, in GEHLER's *Physikalisches Wörterbuch*. VI. p. 1264 en zijne daar aangehaalde *Principes etc.* 1790.

†) *Base du système métrique*. III. p 651.

keurigheid voldoende, om ons die eventuëele veranderingen in standaard-maten en étalons te leeren kennen, waarvoor men teregt bevreesd is. Men zal zien dat, zoowel op het eene als op het andere punt, ons antwoord bepaald ontkennend behoort te zijn.

De naauwkeurigheid door de commissie van het Métrique stelsel, bij het meten en vergelijken van lengte-maten verkregen, reikte met behulp van een vernier tot $\frac{1}{200000}$ van een modulus van 12 voet *), dat is tot $\frac{1}{100000}$ eener toise of tot $\frac{1}{50000}$ van een meter. Een tweehonderdste deel van eene lijn wordt door PRONY †) voor onmerkbaar verklaard, dit is $\frac{1}{88339}$ van een meter; 3 duizendsten van eene lijn §), dat is 7 duizendsten van een millimeter, of $\frac{1}{150000}$ van een meter, worden door hem als nul beschouwd. BORDA zegt **), dat nog gemakkelijk halve en zelfs derde gedeelten op den vernier zullen kunnen worden geschat, dat is dus hoogstens $\frac{1}{150000}$ van een meter.

De mate van naauwkeurigheid der geodetische operaties blijft geheel buiten de beschouwing. Maar in zooverre wij hier de grenzen van naauwkeurigheid vinden aangewezen, met welke de modulus of dubbele Toise, dat is de grondmaat waarmede de bases gemeten werden, met de Toise du Pérou en ook weder de meter met die Toise en zoo al verder, konden worden vergeleken, neem ik aan dat de oorspronkelijke meter hoogstens tot op $\frac{1}{100000}$ of uiterlijk $\frac{1}{150000}$ zijner waarde naauwkeurig is, dat is zoo omtrent tot op 0.01^{mm}. De naauwkeurigheid der eigenlijke bepalingen van de lengte van den secunde-slinger door BORDA en CASSINI ††) weder evenzeer geheel buiten

*) *Base du Systeme Métrique.* III. p. 313, 314, 346, 347, 404 en 607.

†) Ibid. p. 404.

§) Ibid. p. 408.

**) Ibid. p. 314.

††) Ibid. p. 337.

rekening gelaten, zal van dit standpunt de uitkomst ook al niet meer dan op $\frac{1}{100000}$ harer waarde zeker kunnen zijn.

BORDA en CASSINI bezigden bij hunne metingen een slinger die 12 voet lang was; het kenschetsende in de methode van BORDA is, dat hij een mes aanbragt, dat alleen op zijne stalen plaat schommelende reeds denzelfden schommeltijd bezat als de slinger zelf; hierdoor rekende hij zich ontslagen van alle verdere correcties ten gevolge van dat mes, en bepaalde nu den afstand tusschen den onderkant van het mes en het laagste punt van den slinger-bol. De schommeltijd werd met behulp der gemeten amplituden op oneindig kleine bogen teruggebragt. De gevonden lengte werd vooreerst gecorrigeerd voor de verandering in lengte van den ijzerdraad, ten gevolge van het temperatuurs-verschil tusschen den tijd waarop de schommelingen bepaald werden en het oogenblik waarop de lengte met den maatstaf gemeten werd. Die lengte werd verder gecorrigeerd voor het gewigt van den draad en van het koperen verbindingsstukje tusschen den draad en den slinger-bol. De correctie voor den straal van den bol, dit spreekt wel van zelf, werd in de allereerste plaats ingevoerd. Ten laatsten werd de gevonden lengte nog op het luchtledige gereduceerd, waarbij BORDA meende te kunnen volstaan met alleen de vermindering der zwaartekracht in rekening te brengen, die geboren wordt uit het gewigts-verlies van bol, koper-stukje en draad in de lucht. De schommeltijd werd niet gecorrigeerd voor den weêrstand der lucht. Eigenaardig kan men deze wijze van bepaling van de lengte van den secunde-slinger naar BORDA de absolute bepaling noemen.

Eenige jaren later, in 1804, werd, behoudens eenige wijzigingen door BIOT, MATHIEU en BOUVARD, geheel naar de methode van BORDA *), op nieuw voor Parijs de lengte van den enkelvoudigen secunde-slinger bepaald. Zoowel de metingen van BORDA als die van BIOT hadden plaats in het observatorium. Gereduceerd tot het oppervlak der zee en op het luchtledige naar de zoo even omschreven wijze geven zij voor de lengte in quaestie †):

---

*) BIOT en ARAGO, *Recueil d'observations etc.* Paris, 1821. p. 441.

†) BIOT, *Traité d'astronomie physique.* 3e Edit. T. II. p. 467. Tableau A.

BORDA en CASSINI	993.846147^{mm}
BIOT, MATHIEU en BOUVARD	993.866780^{mm}
verschil	0.020633^{mm}.

De bepaling der lengte van den secunde-slinger voor Parijs is dus naar deze uitkomsten nog op $\frac{1}{100000}$ harer waarde of 0.01^{mm} onzeker.

Bessel heeft de waarnemingen voor Parijs overgebragt op Königsberg, met behulp van bepalingen met den reversie-slinger van BOHNENBERGER of KATER èn te Parijs èn te Königsberg èn te Greenwich *); en daar de overeenstemming tusschen zijne eigene bepaling en de aldus uit de waarnemingen te Parijs afgeleide waarde voor Königsberg hem nog niet voldoende was, bragt hij aan de Parijssche bepalingen het nog ontbrekende deel der correctie voor den wederstand der lucht aan, bragt ze verder met behulp der voorhanden vergelijkingen van Parijs naar Londen over en reduceerde ze vervolgens van Londen op Königsberg, met behulp der formule van SABINE: $l = \overset{\text{lijnen}}{439.2975} + \overset{\text{lijnen}}{2.28174}\, Sin^2 \varphi$, waarin de lijnen Parijssche maat zijn en φ de poolshoogte beteekent. Maar zelfs naar deze reductie, waarbij hij aan de directe overdraging van Parijs op Königsberg, die hij bezat, alle waarde moest ontzeggen, verkreeg hij nog de verlangde overeenstemming niet. Bessel's eigene bepaling voor Königsberg, gereduceerd op het oppervlak der zee, gaf:

440.8179 Parijssche lijnen; de beide genoemde bepalingen,

naar de eerste wijze overgebragt:		naar de tweede wijze overgebragt:	
BORDA	440.8349	BORDA	440.8215
en BIOT	440.8430	BIOT	440.8296.

Het verschil tusschen BORDA en BIOT van boven blijft hier natuurlijk bestaan; wij mogen alleen nog maar BESSEL vergelijken met BORDA, die hem het digste bijkomt, en vinden dan naar de eerste wijze een verschil van 0.0170 lijn of $\frac{1}{25000}$ der waarde en naar de tweede meest voordeelige wijze van re-

*) *Untersuchungen über die Länge des einfachen Secunden Pendels* Berlin, 1828. p. 58 et seqq.

ductie een verschil van 0.0036 lijn of $\frac{1}{122000}$ der waarde. De bepaling van BORDA blijkt dus ook hier nog wel op $\frac{1}{100000}$ harer waarde, dunkt mij, onzeker.

4. Hiermede stap ik van de Parijssche uitkomsten af en ik ga nu over tot het naauwkeurigste wat stellig de latere tijden in dit opzigt hebben opgeleverd, tot de bepalingen namelijk van BESSEL zelven en van SCHUMACHER, die te zamen behooren en elkander in zekeren zin voor ons kunnen controleren.

Het eigenaardige der methode van BESSEL, in tegenstelling met die van BORDA, bestaat hierin, dat zij eigenlijk eene differentiaal-methode is. Ten einde onafhankelijk te worden van den invloed van het ophangpunt, waarop door BORDA niet voldoende *) gelet was, liet BESSEL een korten en een langen slinger aan denzelfden ophangings-toestel schommelen, waarvan de lange juist eene Toise du Pérou langer was dan de korte. Ten einde het door BORDA verwaarloosde gedeelte van den invloed der lucht †) te kunnen elimineeren, hetwelk ontstaat uit de mede-beweging der omgelegen luchtdeeltjes, waarop DUBUAT reeds opmerkzaam maakte, liet BESSEL een zwaren en een ligten bol, een koperen en een ivoren, die dus onder gelijke uitwendige afmetingen een zeer verschillend gewigt bezaten, aan dezelfde draden schommelen; hierdoor werd het hem mogelijk den verlangden coëfficiënt k te bepalen. Eene enkele bepaling van de lengte van den enkelvoudigen secunde-slinger vorderde alzoo minstens vier reeksen van waarnemingen, twee met den zwaren bol, waarvan eene met den korten en de andere met den langen draad, en evenzoo twee met den ligten bol, de eene weder met den korten en de andere met den langen draad. In de einduitkomsten van BESSEL komen twee onbekende grootheden voor; de eene ε is vermenigvuldigd met een factor die hieruit ontstaat, dat het geometrisch zwaartepunt van den geheelen slinger, dat is het zwaartepunt der verdrongen luchtmassa, niet zamenvalt met zijn physisch zwaartepunt, eene omstandigheid, waarop men vóór BESSEL

---

*) BESSEL, in de geciteerde *Untersuchungen etc.* p. 79.

†) Ibidem p. 32 et seqq.

ook niet gelet had; ε wordt eenvoudig door de waarnemingen met denzelfden koperen of ivoren bol aan den langen en korten draad geleverd, uitgedrukt in k; de andere grootheid is deze k, die door de verbinding der waarnemingen met den koperen en den ivoren bol onderling gevonden wordt. Op deze wijze zijn de waarnemingen van BESSEL ter bepaling van den secunde-slinger voor Königsberg in 1826 en 1827 gedaan; zij omvatten 44 bepalingen met den geel koperen bol en den langen draad, 22 bepalingen met den geel koperen bol en den korten draad, 16 met den ivoren bol en den langen draad en 16 met den ivoren bol en den korten draad *).

Van tijd tot tijd werd de slinger-draad nog omgekeerd en de hefboom van den micrometer bij de bepaling der lengte van den slinger omgezet, al weder naar het beginsel om de fouten te elimineeren, door ze zoo veel mogelijk beurtelings in tegengestelden zin te laten werken; hieruit ontstaat voornamelijk de disproportie tusschen de onderscheidene aantallen van bepalingen en het groote overwigt van het aantal bepalingen met den koperen bol en den langen draad. In 1828 †) kwam BESSEL op deze bepaling voor Königsberg, ten behoeve van een ander onderzoek, terug. De geel koperen en ivoren bol werden vervangen door een geel koperen hollen cylinder, 2 Parijssche duimen hoog en even zoo veel in middellijn; deze cylinder werd gevuld, nu eens met een passend afgedraaiden cylinder (van geel koper, ijzer, zink, meteoor-ijzer, marmer, klei) dan weder met op elkander gestapelde schijven (zilveren en gouden muntstukken) of met door was aan elkander klevende stukken (van quartz) en eindelijk met water; het spreekt van zelf dat b.v. ook bij de muntstukken door gesmolten hars of was verhinderd werd, dat de vaste stoffen zich in den cylinder konden bewegen. Voor ons hebben deze onderzoekingen uitsluitend gewigt door de nieuwe bepaling van de lengte van den secunde-slinger voor Königsberg, welke zij opleverden.

Vervolgens leende BESSEL zijn geheelen door REPSOLD vervaar-

---

*) BESSEL, in de geciteerde *Untersuchungen etc.* p. 52.

†) *Versuche über die Kraft mit welcher die Erde Körper von verschiedener Beschaffenheit anzieht.* Berlin, 1832.

digden toestel aan SCHUMACHER in Altona, die er de lengte van den secunde-slinger in 1829 en 1830 op het slot Güldenstein mede bepaalde. Deze metingen zijn eerst lang daarna, na SCHUMACHER's dood, in 1855 door PETERS *) gepubliceerd. De kapitale verandering welke de toestel door SCHUMACHER onderging, was, dat de geel koperen en ivoren bollen van vroeger en de holle geel koperen cylinder, met de verschillende daarin passende massive cylinders van verschillende stoffen, vervangen werden eenvoudig door een hollen cylinder van platina, ruim 15 lijnen hoog en omtrent even zoo veel in middellijn, en een daarin passenden massiven van hetzelfde metaal.

In 1835 eindelijk ondernam BESSEL met zijn aldus gewijzigd apparaat, op last der Pruissische Regering, de bepaling der lengte van den secunde-slinger voor Berlijn †); deze bepaling had plaats met het doel om daarnaar den standaard van lengtemaat van Pruissen immer te kunnen terug vinden.

5°. Zoodoende zijn wij in het bezit gekomen van vier hoogst naauwkeurige bepalingen der lengten van den secunde-slinger. Ik laat die uitkomsten hier volgen; allen zijn gereduceerd tot het oppervlak der zee; zij zijn uitgedrukt in Parijssche lijnen; de geographische breedte van de plaatsen van waarneming voeg ik daaraan toe:

	λ	φ
Königsberg, waarnemingen 1826 en 1827	440.8179	54°42′50″7
Königsberg, waarn. 1826, 1827 en 1828 vereenigd	440.8186	〃 〃 〃
Güldenstein 1829 en 1830.	440.8076	55°13′ 9″3
Berlin 1835	440.7390	52°30′16″0

Het past mij niet een oordeel over de waarde en naauwkeurigheid dezer waarnemingen uit te spreken; dit komt hun alleen toe, die soortgelijke onderzoekingen hebben gedaan; uit hunnen mond heeft het alleen ook waarde. Ik hoop te eeniger tijd onder de meer bevoegden te behooren; daar ik mij voor-

---

*) *Astronomische Nachrichten*, Altona, 1855. Vol. XL. p. 1.

†) Bestimmuug der Länge des einfachen Secunden-Pendels für Berlin. 1837. Alle drie de Verhandelingen van BESSEL komen voor in de *Abhandlungen der Berliner Akademie.*

stel binnen korter of langer tijd soortgelijke bepaling te ondernemen. Voorshands hebben wij wel het regt, om deze bepalingen voor de naauwkeurigste en meest uitstekende te houden die immer geleverd werden.

De beide uitkomsten voor Königsberg wijken 0.0007 lijn dus $\frac{1}{629740}$ harer waarde, of 0.0015 millimeter, van elkander af; wij zouden dus kunnen zeggen, dat het verschil tusschen de uitkomst der eerste metingen voor Königsberg en die der tweede metingen afzonderlijk genomen zoo omtrent $\frac{1}{300000}$ harer waarde bedraagt. BESSEL herinnert bij zijne bepaling voor Berlijn *) nadrukkelijk aan de onzekerheid die uit de temperatuur ontstaat. Van waarschijnlijke fouten van het eind-resultaat kan bij deze metingen geen sprake meer zijn; wanneer het aantal der metingen toeneemt, worden deze ten slotte toch oneindig klein — en bij zulke naauw aan elkander sluitende afzonderlijke uitkomsten als wij in deze reeksen hier voor ons hebben, worden die waarschijnlijke fouten om zoo te zeggen eigenlijk ook reeds belagchelijk klein. Wanneer ik moet zeggen wat ik meen, dan geef ik niet veel om die miniaturen waarschijnlijke fouten van het eind-resultaat, zoodra zij buiten de grenzen van het werkelijk bij de waarnemingen meetbare of zigtbare vallen: de onderlinge vergelijking der afzonderlijke uitkomsten, die tot het eind-midden zamenwerken, heeft in mijn oog veel grooter waarde.

De grootste afwijking tusschen de uiterste afzonderlijke uitkomsten van BESSEL voor Königsberg in 1826—1827 met den koperen bol †) bedraagt 0.0075 Lijn, of $\frac{1}{60000}$, en die met den ivoren bol wijken 0.0104 Lijn of $\frac{1}{44000}$ harer waarde van elkander af. Voor de latere metingen van 1828 te Königsberg geeft BESSEL zelf op §), dat de met verschillende zelfstandigheden be-

---

*) l c p. 186.

†) Zie de geciteerde verhandeling. p. 55.

§) *Versuche über die Kraft*, etc p. 57 of *Abhandlungen der Berliner Akademie* aus dem Jahre 1839. p. 97.

paalde lengte van den secunde-slinger nog geen $\frac{1}{60000}$ van de gemiddelde waarde afwijken; dit geeft dus voor de grootste afwijking tusschen de uiterste uitkomsten hoogstens $\frac{1}{30000}$. De afzonderlijke bepalingen die tot het eind-resultaat medewerken, wijken in de metingen van Berlijn *) niet meer dan $\frac{1}{80000}$, of $\frac{1}{100000}$ van de waarde, van elkander af.

Er blijft mij nog een middel over, om eene greep te doen naar de naauwkeurigheid der verkregene uitkomsten; ik kan namelijk de in Art. 3 aangehaalde formule van SABINE $l = \overset{\text{l.}}{439{,}2975} + \overset{\text{l.}}{2{,}28174}\, \sin^2\varphi$ bezigen om de slinger-lengte voor de drie gegeven plaatsen te berekenen; de poolshoogten zijn zeer naauwkeurig bekend; dus is het zeer belangrijk om eens na te gaan, wat deze formule oplevert.

Ik vond:

		L.	R—W.
Königsberg	$l = 439.2975 + 1{,}52035 =$	440,8178 ..	0,0008
Güldenstein	$l = 439{,}2975 + 1{,}50171 =$	440,7992 ..	0,0084
Berlijn	$l = 439{,}2975 + 1{,}43635 =$	440,7339 ..	0,0051

Vergelijkt men nu deze uitkomsten der berekening met de tweede algemeene uitkomst voor Königsberg en de beide anderen voor Güldenstein en Berlijn, dan vindt men de hiernevens opgegeven verschillen *Rekening-Waarneming*. Hoe komt het nu, dat die verschillen voor de beide laatste plaatsen in denzelfden zin zoo veel afwijken van dat voor Königsberg; men kan zich niet op eene eigenlijke fout van de formule beroepen, want Güldenstein en Königsberg, waarvoor de sprong in de differentie te groot is, hebben bijna dezelfde geographische breedte. Men zal zich beroepen op geologische verschillen †) in den bodem; hierover valt moeijelijk te oordeelen; ik geef gaarne toe, dat Königsberg veel digter aan zee ligt dan de beide andere plaatsen; maar daardoor is mij geen geognostisch

---

*) *Abhandlungen der Berliner Akademie* aus dem Jahre 1835. p. 185.

†) *Abhandlungen der Berliner Akademie* aus dem Jahre 1835, p. 164.

verschil van den ondergrond aangetoond. Hoe het ook zij, wij vinden hier weder eene onzekerheid die tot $\frac{1}{50000}$ der waarde opklimt. Men mag niet voorbijzien, dat de metingen in Güldenstein en Berlijn beiden met een anderen slingerbol werden gedaan dan die in Königsberg, namelijk met den hollen en massiven platina-cylinder. Die platina-cylinder konde niet worden omgekeerd *); meer dan waarschijnlijk zal de massive cylinder welke in den hollen geschoven werd, wel niet homogeen geweest zijn; ik zoude bijna denken, dat wij hier te doen hebben met de oorzaak eener constante fout. Hoe jammer dat BESSEL zelf zijne resultaten niet aan die formule getoetst heeft, zoo ver mij althans bekend is; hij zoude in dezen vrij wat bevoegder beoordeelaar dan ik zijn geweest.

6. Ik ga over tot de vierde en laatste verhandeling van BESSEL waarover ik spreken wil, die over den Pruissischen étalon, welke ik weêr als afzonderlijken afdruk bij de hand heb †). Het is mij te doen om de naauwkeurigheid te kennen waarmede BESSEL en BAEYER lengte-maten kunnen vergelijken. BESSEL geeft §) voor de lengte van den pruissischen étalon in Parijssche lijnen, uit 24 metingen van 1835:

$$417.38918 \pm 0.00011.$$

Daarna deed hij in 1837 de noodige onderzoekingen om de dilatatie van dezen étalon te bepalen, waarbij hij afwisselend aan warmte en koude moest worden blootgesteld. Vervolgens geeft BESSEL als resultaat van 48 in 1837 nog naauwkeuriger metingen **):

voor den étalon $417.38939 \pm 0.0000375.$

Beide uitkomsten wijken 0.00021 lijnen van elkander af; BESSEL doet opmerken, dat dit verschil het gevolg kan zijn van de tusschengelegen temperatuur-veranderingen. Deze uitkomsten zijn verkregen door vergelijking met dezelfde Toise du

---

*) *Abhandlungen der Berliner Akademie* aus dem Jahre 1835. p. 164.

†) *Darstellung der Untersuchungen und Maassregeln*, etc. Berlin, 1839, reeds in art. 1 geciteerd.

§) l. c. p. 73.

**) l. c. p. 89.

Pérou, die bij al de slingermetingen gediend had. De gemiddelde fout van elke der 24 eerste metingen is ± 0.00055 lijn en die der latere 48 is ± 0 000244 lijn. De gemiddelde fouten van de eind-resultaten zijn respectivelijk $\frac{1}{3800000}$ en $\frac{1}{11500000}$ der geheele lengte. Het is wel niet uit te maken, hoe die verschillende uitkomst voor de lengte van den étalon is geboren; maar zij werpt niettemin eene geduchte schaduw op de waarde van alle standaard-maten, in zooverre zij hare voortdurende onveranderlijkheid twijfelachtig maakt.

Baeyer *) heeft aan de meetstaven die bessel in 1834 voor de graadmeting in Oost-Pruissen bezigde bevonden, dat de coëfficiënten van dilatatie van die stangen van ijzer en zink in 20 jaren zeer sterk verminderd waren. Bij de vergelijkingen dezer stangen met bessel's toise in de normaal-temperatuur van 16°.25 C. vond hij de verschillen zóó klein, dat zij vielen binnen de grenzen der middelbare fouten, weshalve hij besluit, dat de lengten der staven bij die normaal-temperatuur onveranderd gebleven waren. Ik zal wel niet behoeven te zeggen, hoe toevallig het zoude zijn, dat juist onder alle duizenden mogelijke temperaturen, de staven bij die normaal-temperatuur onveranderd hare lengten zouden hebben behouden. Ik zoude dus liever zeggen dat baeyer's metingen bewijzen, dat de lengten van ijzeren en zinken staven aan verandering onderhevig zijn en dat ook evenzoo de uitzettingen (liever dan de uitzettings-coëfficiënten) veranderen. Baeyer vermeldt de mogelijke verklaringen van het verschijnsel, die door plateau aan de hand zijn gedaan, en besluit even goed als ik uit zijne metingen tot de veranderlijkheid der lengte van maatstaven in het algemeen. Hij geeft twee middelen aan de hand om de lengte der maatstaven na eenigen tijd te verifiëeren: vooreerst het hermeten van vroeger gemeten bases van geodetische operatiën en ten tweeden herhaalde bepaling van de lengte van den secunde-slinger op dezelfde wijze als die vroeger met behulp van denzelfden maatstaf heeft plaats

---

*) *General-Bericht über die mittel-Europäische Gradmessung für das Jahr* 1866. p. 34.

gehad; tot verduidelijking wil ik hier bijvoegen: op dezelfde plaats, naar dezelfde methode, onder dezelfde omstandigheden, met denzelfden toestel en kan het zijn door denzelfden waarnemer.

De algemeene vergadering van de graadmeting in *) 1867 heeft de quaestie over de veranderlijkheid der meetstaven blijkbaar ook uit het algemeene oogpunt opgevat.

De zinken Toise †), waarvan BAEYER spreekt, schijnt ook wel degelijk in het tijdsverloop van 1852 tot 1866 te zijn ingekrompen.

Wij hebben nog een uitstekend middel om over de bij comparatie van lengtematen tegenwoordig bereikbare naauwkeurigheid te oordeelen. JAMES §) had bij de vergelijking met onderscheidene standaards ook de kopieën N°. 10 **) en N°. 11 van de BESSEL'sche Toise du Pérou bij de hand. Bij de normaaltemperatuur 16.25 C. waren deze Toisen, door BAUMANN vervaardigd, naar de vergelijkingen van BAEYER, luidens hare certificaten:

de Pruissische N°. 10 = Königsberger Toise — 0.00019 P. L.
de Belgische N°. 11 = ... — 0.000202 〃 〃
dus N°. 10 — N°. 11 = 0.000012 P. L.

Volgens de door JAMES gegeven vergelijkingen, komen wij tot eene uitkomst, die hiervan maar zeer weinig afwijkt. Bij dezelfde normaal-temperatuur zoude volgens de bepalingen van CLARKE, die eigenlijk onder JAMES de metingen uitvoerde,

N°. 10 zijn = 863.99917 P. L.
en N°. 11 〃 = 863.99893 〃 〃

dus N°. 10 — N°. 11 = 0.00024 P. L.; hierbij is voor de Toise van 864 P. L. aangenomen die welke overeenstemt met de standaard-waarde van de Yard; maar dit doet niets ter zake, daar het alleen om het verschil van N°. 10 en N°. 11 te doen is. De eerste vergelijkingen van BAEYER zijn van het jaar 1852; die van CLARKE voor N°. 10 van 1863 en voor N°. 11 van 1864. Beide deze Toisen zijn van niet gehard ge-

---

*) *General-Bericht* für 1867. p. 124 et seqq.

†) *General-Bericht* für 1866. p. 40.

§) *Comparisons of the standards of length*, etc. Londen 1866. p. 14 en 284.

**) Zie den oorsprong dezer kopie *General-Bericht* für 1866. p. 39.

goten staal. Letten wij nu op het verschil, dan bedroeg dit oorspronkelijk 0.000012 en later 0.00024 in denzelfden zin: door de Engelsche metingen wordt het dus 0.000228 P. L grooter gegeven dan door de oorspronkelijke certificaten, dat is $\frac{1}{3800000}$ der geheele waarde Wanneer wij de lengten der beide staven voor geheel onveranderd sints 1852, of wel voor gelijkelijk veranderd aannemen, omdat beide staven immers uit hetzelfde metaal zijn vervaardigd, dan kunnen wij zeggen dat de Engelsche vergelijkingen op een driemillioenste der waarde, of op 0.0005 millimeter na, met de oorspronkelijke overeenstemmen.

7. De Heer STAMKART heeft met den Heer OUDEMANS *) bij de vervaardiging der kopieën van standaard-meter en kilogram, in deze Academie, met behulp van zijn spiegel-comparateur, meters met elkander vergeleken. De naauwkeurigheid daarbij door iederen waarnemer op zich zelf bereikt, mogen wij op 0.0004 Mill. of $\frac{1}{2500000}$ der waarde stellen. Maar de afwijkingen tusschen beider uitkomsten onderling bedragen 0.0013 Millimeter of $\frac{1}{770000}$ der waarde.

Ik heb mij hier in het geheel niet willen begeven in eene beschouwing der verschillende wijzen van compareeren; evenmin lag het op mijnen weg om onderscheid te maken tusschen maten à trait en maten à bout; het was mij slechts te doen om een overzigt te geven van de naauwkeurigheid, die tot heden bereikt was.

Ik wil nog enkele getallen hier vereenigen:

Het verschil door BESSEL boven bij de vergelijkingen van zijn étalon (Art. 6) in 1835 en 1837 gevonden bedraagt 0.00021 P. L. of $\frac{1}{2000000}$ der waarde. Het verschil der uitkomsten van CLARKE in 1866 en de opgaven van BAEYER in 1852 voor het onderscheid der zoogenoemde toisen N°. 10 en 11 bedraagt 0.000228 P. L. of $\frac{1}{3800000}$ der waarde.

BAEYER vond van 1834 tot 1854 eene verkorting der maat-

---

*) *Verslagen en Mededeelingen*. VII. 1858. p. 32.

staven van BESSEL (l c. p. 39) van 0.0042 P. L. of $\frac{1}{410000}$ der lengte, daar deze staven dubbele toisen waren.

De zinken toise van BAEYER (l. c. p. 40) had van 1852—1866 eene verkorting ondergaan van omtrent 0.04 P. L., dat is $\frac{1}{21800}$ der geheele lengte.

De dilatatie-coëfficiënten voor 1° C. zijn:

van glas en platina. . .	0.000008	of	$\frac{1}{125000}$	der lengte
van ijzer en staal. . . .	0.000012	〃	$\frac{1}{84000}$	〃 〃
van geel koper	0.000015	〃	$\frac{1}{67000}$	〃 〃
van zilver.	0.000020	〃	$\frac{1}{50000}$	〃 〃
van zink	0.000030	〃	$\frac{1}{34000}$	〃 〃

De zekerheid, waarmede de meter oorspronkelijk werd vastgesteld, stel ik $\frac{1}{50000}$ zijner waarde; de zekerheid der bepaling van de lengte van den secunde-slinger van BORDA schat ik op $\frac{1}{50000}$ en die van BESSEL op $\frac{1}{100000}$ harer waarde.

De naauwkeurigheid in het compareeren van maten der Fransche geleerden schijnt niet hooger te gaan dan 0.01 Millim.; die van BESSEL en BAEYER gaat stellig tot 0.0005 Millim. en misschien wel tot 0 0001 Millim.; die van CLARKE gaat, geloof ik, tot 0.0005 Millim.; die van STAMKART eindelijk tot 0.0004 Millim. of de persoonlijke fouten in aanmerking genomen tot 0.001 Millim. Het is minder gepast om deze naauwkeurigheid in het compareeren in deelen van de geheele lengte voor te stellen, omdat hare absolute waarde altijd dezelfde blijft; twee centimeters b. v. kunnen alleen maar met dezelfde absolute naauwkeurigheid vergeleken worden als twee meters; dan is de absolute onzekerheid voor den centimeter en den meter beide b.v. 0.001 Millimeter; maar de relative onzekerheid is voor den centimeter $\frac{1}{10000}$ en voor den meter $\frac{1}{1000000}$ zijner waarde.

8. Wanneer wij nu de zoo even geresumeerde getallen beschouwen, dan blijkt dat wij, van al de mogelijke of geconstateerde veranderingen in de lengte van maatstaven, alleen die van de zinken toise zouden kunnen ontdekken, door ons aan de lengte van den secunde-slinger te refereren; dat wil zeggen, dat alleen die verkorting aan 't licht zoude gekomen zijn, wanneer wij bij de eerste en bij de laatste vergelijkingen de toise werkelijk bij den secunde-slinger hadden vergeleken.

Ten tweeden blijkt uit die getallen ook, dat wij, lettende vooral op de dilatatie-coëfficiënten, om de lengte van den secunde-slinger tot op $\frac{1}{1000000}$ harer waarde naauwkeurig te bepalen, tot op $0^\circ.1$ C zeker moeten zijn van de temperatuur, ook van het inwendige der maatstaven. Ten derden is het ook duidelijk dat wanneer wij twee meters, b. v van glas of van platina, ijzer of staal met onze beste middelen tot op 0.001 Millim. of 0.0005 Millim. willen compareeren, wij dan zeker moeten zijn van $0^\circ.1$ of $0^\circ.05$ in de temperatuur; voor zink wordt dan eene zekerheid van $0^\circ.033$ of $0^\circ.017$ geeischt.

Willen wij verder nog b. v. zekerheid bezitten omtrent eene lengte-verandering van eene ijzeren toise ter grootte van 0.00025 P. L., dan moeten wij de temperatuur kennen tot op $0^\circ.06$ C. *)

9. Ik heb getracht eene voorstelling te geven van den tegenwoordigen stand der wetenschap omtrent het punt in quaestie; ik heb daarbij getrouw al de gebezigde verhandelingen geciteerd, opdat men zeer gemakkelijk een en ander nader zoude kunnen onderzoeken.

Behalve de constante verschillen of fouten, die in de gevonden lengte van den secunde-slinger kunnen voorkomen, tengevolge van verschil in de gebezigde methode of in de constructie van den toestel, blijft die lengte steeds onderworpen aan de onzekerheid en de toevallige fouten, die van de temperatuur afhankelijk zijn. Zoo wacht de laatste mij bekende bepaling †) van de lengte van den enkelvoudigen secunde-slinger, die na-

*) Bessel, *Untersuchungen und Maasregeln etc.* p. 92.

†) *Mémoires de la société de physique et d'historie naturelle* de Genève. T. XVIII. 1866. p. 309.

melijk welke PLANTAMOUR in 1865 met een reversie-slinger van REPSOLD volbragt, nog altijd op haar definitief eindresultaat, tengevolge van de volslagen onbekendheid der coëfficiënten van dilatatie, wier kennis voor de reductie noodzakelijk is.

Maar zelfs dan nog, wanneer die bepaling van den slinger met de grootst mogelijke naauwkeurigheid uitvoerbaar ware en geheel vrij van constante en toevallige fouten konde plaats hebben, blijft er eene moeijelijkheid over; wanneer men den lengte-standaard refereert aan die slinger-lengte en hem daarmede vergelijkt, dan heeft die vergelijking plaats met eene grootheid, die van punt tot punt op de oppervlakte der aarde veranderlijk is en elke waarnemer, die zulk eene vergelijking doet, levert voor de waarde van de standaardmaat eene uitkomst die alleen met behulp van eene juiste kennis van den vorm der aarde, vergelijkbaar wordt met die van zijnen buurman; wanneer wij dan de zwaartekracht daarenboven van punt tot punt op de oppervlakte der aarde veranderlijk willen denken, tengevolge van de geologische zamenstelling van den ondergrond, dan ontvalt ons zelfs die theoretische band, dien de vorm der aarde ons gaf, en elke vergelijking staat voor altijd geheel op zich zelve en nog wel in den letterlijken zin van het woord, daar niemand weet te zeggen welke veranderingen en verplaatsingen in de diepte der aarde onder onze voeten plaats hebben.

Dan blijft ons nog het andere door BAEYER (Art. 6) aan de hand gegeven middel ter verificatie onzer maatstaven over, namelijk de hermeting van eens gemeten bases op de aardoppervlakten of algemeener nog van twee astronomisch bepaalde punten met dezelfde maatstaven.

Vooreerst is deze wijze van verificatie zeer omslagtig, daar zulk eene hermeting wel steeds eene nieuwe missie van staatswege of van eenig wetenschappelijk ligchaam zal vorderen en eene zamenwerking van meerdere personen gedurende geruimen tijd eischt; zij valt dus niet onder het bereik van een ieder, die zich daartoe leenen wil, en is nog daarenboven aan die enkele punten op de oppervlakte der aarde gebonden, waar werkelijk bases zijn uitgemeten. Vóór en na iedere hermeting moest men dan zonder twijfel de coëfficiënten van dilatatie der staven bepalen; en hiermede hangt het tweede bezwaar, dat

deze handelwijze met zich voert, ten naauwste zamen, namelijk de moeijelijkheid die men ondervinden moet om op het vlakke veld voor kleine temperatuursverschillen te kunnen instaan. Ik geef gaarne toe dat uitkomsten zoo als die welke door BAUERNFEIND *) worden vermeld, wel geschikt zijn om een hoogen dunk van de naauwkeurigheid te geven, waarmede zulke metingen van bases kunnen worden uitgevoerd: de Beijersche en Wurtembergsche triangulaties geven voor dezelfde lijn waarden die slechts $\frac{1}{1700000}$ der totale lengte van elkander verschillen en de Beijersche en Oostenrijksche triangulaties geven voor eene andere lijn waarden, die slechts $\frac{1}{6000000}$ der totale lengte van elkander afwijken. Maar wie kan er ons voor instaan, dat zulk eene naauwkeurigheid immer bereikbaar is en dat men steeds zoo gelukkig zal zijn.

Onder deze omstandigheden kan het niet ondienstig zijn op eene andere in de natuur voorkomende lengte te wijzen, die overal en altijd onder ons bereik valt; die wáár of wánneer ook genomen steeds dezelfde lengte heeft en geheel onafhankelijk is van eenmaal geplaatste mijlpalen of van eenige astronomische meting; die grootheid is de lengte van undulatie van het sodium-licht en omdat de gele streep van dit licht in het spectrum bij eenige belangrijke dispersie al spoedig in twee gespleten wordt, is het beter te spreken van de gemiddelde golflengte van het sodium-licht, natuurlijk op het luchtledige gereduceerd. Wáár men zich ook op aarde bevindt en op ieder oogenblik, nu en over duizenden van jaren, zoo lang men nog maar een korreltje keukenzout ter zijner beschikking heeft, zal men de golflengten van die beide vibraties kunnen bepalen, daarvan het midden nemen en hiermede de voorhanden maatstaven kunnen vergelijken.

10. In de eerste plaats zal ik echter hebben aan te toonen, dat de genoemde grootheid in alle opzigten steeds onder ons bereik valt en wel, daar wij toch waarschijnlijk wel steeds in dampkrings-lucht zullen arbeiden, dat de reductie der golf-

---

*) *General-Bericht* für 1867, p. 32.

lengte op het luchtledige met de vereischte naauwkeurigheid uitvoerbaar is. Zij n de index van refractie der lucht; d hare digtheid; T hare temperatuur en H de barometer-stand; nemen wij, in plaats van $\frac{n^2-1}{d}$, deze andere uitdrukking $\frac{n-1}{d}$ voor haar brekend vermogen, dan mogen wij $\frac{n-1}{d} = C$ als eene constante grootheid beschouwen; is d_0 eindelijk de digtheid bij 0°C. en 760 millim. druk, dan is $d = d_0 \cdot \frac{H}{760} \cdot \frac{1}{1+0.00366\,T}$.
De golflengte in de lucht l is gelijk $\lambda\,\frac{1}{n}$, wanneer λ die in het luchtledige voorstelt, dat is

$$\lambda - l = \frac{n-1}{n}\,\lambda = \frac{d.C}{n}\,\lambda = \frac{d_0\,H.\lambda}{760.n(1+0.00366\,T)}.$$

Voor 1 millim. verandering in H verandert dus $\lambda - l$ $\frac{1}{760}$ harer waarde en voor 1° C. verandering in T verandert diezelfde grootheid $\frac{1}{270}$ harer waarde. Volgens de bepalingen van KETTELER *) is n voor sodium-licht, voor drooge koolzuurhoudende lucht bij $T = 0°$ en $H = 760$ mm. gelijk 1.00029537 en voor vochtige lucht 1.00029404 en dus gemiddeld $n = 1.00029470$. Hieruit volgt, $l = 58880.0$ honderd millioenste deelen van een millimeter nemende, voor λ de waarde 58897.3, dus $\lambda - l = 17.3$, $\frac{17.3}{760} = 0.023$ en $\frac{17.3}{270} = 0.064$. De zoo even gevonden waarde voor λ was berekend met den gemiddelden index. Dus is $n-1 = 0.00029470$ en de verandering in deze waarde van $n-1$, overgaande òf tot drooge koolzuurhoudende òf tot vochtige lucht, is 0.00000067, dat is $\frac{67}{29470} = \frac{1}{440}$ der waarde $\cdot\ \frac{17.3}{440} = 0.039$.

Wanneer men derhalve de golf-lengte in quaestie bepaalt in de lucht en ter reductie op het luchtledige de zooeven vermelde gemiddelde waarde van n bezigt, dan zal men, wanneer de dampkring op 't oogenblik niet al te vochtig of al te droog was, eene fout van minder dan 0.039 honderd-millioenste dee-

---

*) ED. KETTELER, *Beobachtungen über die Farben-Zerstreung der Gase.* Bonn, 1865.

len van een millimeter in die gereduceerde golf-lengte begaan, dat is $\frac{0.039}{58897.300} = \frac{1}{1910200}$ van de waarde.

Den barometer en thermometer onderstellen wij bij die bepaling tevens opgeteekend; eene fout van 1 millim. voor den eersten geeft eene fout van $\frac{0.023}{58897.300} = \frac{1}{2580800}$ in die gereduceerde waarde; eene fout van 1° C. voor den laatsten geeft $\frac{0.064}{58897.300} = \frac{1}{920270}$ in diezelfde waarde.

Wanneer men dus in geen al te drooge of al te vochtige lucht meet, den barometer tot op 1 millimeter naauwkeurig afleest en de temperatuur der lucht tot op $0^{0}.3$ C. naauwkeurig bepaalt, zal de golf-lengte in het luchtledige uit die meting tot op $\frac{1}{2000000}$ harer waarde naauwkeurig voor den dag kunnen komen; deze naauwkeurigheid schijnt al vrij wel overeen te komen met die welke men bij het vergelijken van maatstaven van één meter lang zeker bereiken kan. Er bestaat dus geen bezwaar in de omstandigheid dat wij niet in het luchtledige kunnen arbeiden.

11. Ik heb derhalve aangetoond, dat de natuurmaat, die ik voorstel, overal en zeer gemakkelijk met de vereischte naauwkeurigheid onder ons bereik valt. De tweede vraag, die misschien moeijelijker zal te beantwoorden zijn, is deze: hoe zullen wij die lengte materiëel voorstellen en hoe zullen wij onze kleine grootheid zonder fout ongeveer 1700000 maal vergrooten, zoodat er een meter uit groeit.

Het eerst viel hierbij mijne aandacht op de methode door FIZEAU gebezigd om de dilatatie van glas, quarts en dergelijken te bepalen; ik wilde namelijk even als die geleerde een vlak glas en een convex langzaam tot elkander laten, naderen en het aantal der in homogeen sodium-licht verplaatste NEWTON'sche ringen aftellen, ten einde uit de bekende toenadering der glazen tot de golf-lengte te besluiten, om dan door de verplaatsing van eenige duizendtallen van ringen, met veel geduld en groote oplettendheid eene stoffelijke lengte te verkrijgen die gelijk aan een bekend aantal golf-lengten was.

Ketteler *) echter had reeds vóór mij met vlakke glazen hetzelfde beproefd, doch geen bruikbaar resultaat verkregen; ik besloot dus voorloopig hiervan af te zien.

Deze methode zoude bestaan in eene eenvoudige sommatie van een zeker aantal golf-lengten; de fouten in de opvolgende golf-lengten te begaan komen niet in aanmerking; alleen de fouten van instelling bij het begin en het einde der aftelling van het begeerde aantal zouden als fouten in het eindresultaat opgaan. Het is wel te betreuren, dat deze methode voor het oogenblik nog niet uitvoerbaar is, daar toch de deugdelijkheid van het eind-resultaat eenvoudig afhankelijk is van eene goede mate geduld en vlijtige opteekening van den barometer, van de temperatuur der atmospheer en van den stoffelijken maatstaf. Ik geloof en hoop echter dat deze wijze van doen practisch uitvoerbaar zal kunnen worden gemaakt, wanneer men zich in ernst daarmede wil gaan bezig houden.

Voorloopig stap ik hiervan af om eventueel later bij den een of anderen gelukkigen inval daarop terug te komen; maar ik houd mij overtuigd, dat hier toch de ware oplossing van het probleem gelegen is. In afwachting hiervan heb ik mij gewend tot andere bekende verschijnselen, waar de golflengte van zelve eenige malen vermenigvuldigd voorkomt en dus de natuur zelve ons eene vergrooting voor die waarde geeft. Ik heb gedacht over de interferentie-spiegels van fresnel, over het interferentie-prisma van pouillet en over quartz-platen in verschillende rigting uit een kristal te snijden; maar ik vond hier tot nog toe niet wat ik zocht.

12. Ik heb mij toen gewend tot de réseaux van nobert, waarmede ik reeds zoo vaak proeven had gedaan. Voor parallel-licht vindt men hier de golf-lengte door den afstand van twee opvolgende strepen van het réseau te vermenigvuldigen met de sinus der deviatie van het normaal invallende licht. Omgekeerd vindt men dien afstand van twee opvolgende strepen uitgedrukt in golf-lengten, door de eenheid door die sinus te deelen en hieruit vindt men de breedte van het geheele réseau,

---

*) Zie de aangehaalde verhandeling, p. 26.

eveneens in golf lengten uitgedrukt, door dien afstand met het aantal der sleuven te vermenigvuldigen.

Om de uitvoerbaarheid van zulke soort van bepalingen te beproeven, heb ik mijne metingen met réseaux nog eens geraadpleegd *). Ik heb drie réseaux gebezigd: een genoemd A, getrokken in zwart op glas nedergeslagen zilver, dat volgens NOBERT op eene breedte van 9.0155 Parijsche lijnen, 1800 sleuven heeft: een tweede genoemd B, een gewoon glas-réseau dat 6 zulke lijnen breed heet te zijn en op deze breedte 1800 sleuven heeft, en welks breedte ik naar mijne bepaling op 13.55108 millimeter stelde; eindelijk een derde genoemd C, eveneens een gewoon glas-réseau, dat 6 zulke lijnen breed heet te zijn en op deze breedte 3000 sleuven heeft, en welks breedte ik, naar mijne bepaling op 13.55315 millim. heb gesteld †). Ik mag vermoeden dat even als het eerste voor 9 lijnen geldende plaatje, eigenlijk 9.0155 lijnen breedte heeft, zoo de beide anderen voor 6 lijnen doorgaande réseaux eigenlijk eene breedte hebben van 6.01033 lijnen; anders gezegd, ik wil eens aannemen, dat de breedte der beide laatste réseaux juist $\frac{2}{3}$ van die van het eerste is, omdat denkelijk de oorzaak van die kleine vergrooting van 9 lijnen wel in den verdeel-toestel van NOBERT zal gelegen zijn en dus denkelijk alle breedten wel in dezelfde verhouding zal vergrooten. Voor réseau A gebruik makende van de bekende verhouding tusschen Parijsche lijnen en millimeters heb ik aangenomen $\frac{2}{3}$ A = 13 558272; ik nam B = 13.55108 en C = 13.55315 millimeter. Voor het gemiddelde der golf-lengten van 14α en 14γ in het zonne-spertrum, de beide sodium-strepen, vond ik §) met A bij 19°.0 C temperatuur, de waarde 5898.695, met B bij 24°.0 C, 5895.12 en met C bij 23°.0 C, 5895.815, alles in tien-millioenste deelen van den millimeter.

Het is mij nu zeer gemakkelijk de breedten der réseaux, onafhankelijk van alle kennis omtrent hare absolute waarden, in golflengten uit te drukken, door eenvoudig die gemiddelde

*) *Archives du Musée* TEYLER. Vol. I. p. 1, 57 en 280.

†) l. c. p. 29.

§) *Archives*. Vol. I. p. 318. Table B.

golflengten op de aangenomen waarden van de breedten der réseaux te deelen.

Ik vind zoo $\frac{2}{3}$ A = 22985.2 golflengten bij 19° C. B = 22986.9 golflengten bij 24°.0 C en C = 22987.7 bij 23°.7 C. De eerste waarde, die voor $\frac{2}{3}$ A, wil ik nog op de temperatuur 24°.0 C reduceren; de zilverlaag zal zich stellig wel geheel onafhankelijk van het glas, waarop zij is neêrgeslagen, uitzetten; ik gebruik daarom een gemiddelden dilatatie-coëfficiënt voor zilver en, in overeenstemming met het boven in art. 10 behandelde, ook nog den bekenden dilatatie-coëfficiënt der lucht, om die eerste breedte te herleiden op de temperatuur van 24°.0 C en uit te drukken in undulatie-lengten, zoo als die in lucht van 24°.0 C zijn. Ik weet wel, dat ik hier van de geheel onbewezen vooronderstelling uitga, dat NOBERT alle drie deze réseaux toevallig bij de temperatuur 24°.0 C verdeeld heeft; maar ik ben eerlijk genoeg om dit te bekennen; wil men, hetgeen mogelijk wel waarschijnlijker is, aannemen dat die réseaux bij 19° of zelfs bij 15° verdeeld zijn, dan zal de zoo aanstonds te vermelden overeenstemming tusschen het zilver-réseau en de glas-réseaux daaronder lijden, omdat de coëfficiënt van dilatatie van glas nog niet eens half zoo groot is als die van zilver. Genoeg, allen op 24° C nemende, en nu B en C gelijk juist $\frac{2}{3}$ A nemende, vind ik:

$\frac{2}{3}$ A uit A = 22987.2 golflengten
〃 〃 〃 B = 22986.9 〃
〃 〃 〃 C = 22987.7 〃

gemiddeld 13.558272 mm = 22987.3 ± 0.25.

Wanneer men nu dit aantal golflengten herleidt tot golflengten in het luchtledige, vindt men met behulp der gegevens van KETTELER *) 13mm.558272 = 6.01033 P. L. = 22981.1 golflengten van sodium in het luchtledige. Den barometer-stand gedurende mijne metingen, die mij geheel onbekend is, stel ik hierbij normaal, dat is gelijk 760 Millim. Dit getal heeft echter alleen eene betrekkelijke waarde, in zooverre de temperatuur, waarbij NOBERT deze réseaux getrokken heeft, en

*) l. c. p. 54 en 55.

waarvoor dus werkelijk de waarden 9.0155 en 6.01033 P. L. gelden, mij totaal onbekend is. Wanneer deze temperatuur b. v. 15° C geweest is, dan zoude de waarde van $\frac{2}{3}$ A zijn 22983.6, van B evenzoo 22985.1 en van C eindelijk 22985.9 golflengten; de eerste grootheid zoude zich dan veel meer van de beide laatste verwijderen; het gemiddelde zoude zijn 22984.9 ± 0.74; dat is voor het luchtledige 22978.7 golflengten, met belangrijk grooter middelbare fout; 6 Parijssche lijnen zouden dan gelijk zijn aan 22939.2 en een geheele meter aan 1694812.9 golflengten.

Uit een en ander blijkt dunkt mij genoegzaam, dat ik onder de gegeven omstandigheden de breedte van een réseau van NOBERT stellig wel tot op $\frac{1}{100000}$ naauwkeurig kan bepalen. Ik heb nog een ander argument, waaruit ik tot de mogelijkheid van zulk eene naauwkeurigheid besluit; in mijne laatste vergelijking *) der golflengten van ANGSTRÖM en van mij vind ik voor de verhouding onzer uitkomsten voor de golflengten van strepen, die niet te ver van elkander in het spectrum verwijderd zijn, voor streep 9, 1.00057; voor streep 10, 1.00060, en voor streep 11, 1.00056 — dus gemiddeld 1.00058. Voor 16α vind ik 1.00056, en voor 16γ, 1.00054 — dus gemiddeld 1.00055. Voor streep 25, vind ik de verhouding 1.00057; voor streep 26, 1.00059; voor streep 27α, 1.00060, en voor streep 27γ 1.00058 — dus gemiddeld 1.00058. Eindelijk voor streep 32, de verhouding 1.00065; voor streep 33, 1.00065, en voor streep 34, 1.00067 — dus gemiddeld 1.00066. Wanneer ik derhalve met de uiterste zorg, onder opteekening van temperatuur en barometerstand, en bevrijd van de verwarming der réseaux door de zonne-stralen, soortgelijke metingen herhaal, geloof ik wel de naauwkeurigheid tot op $\frac{1}{100000}$ der waarde en mogelijk nog wel hooger te kunnen opvoeren; immers deze verhoudingsgetallen toonen aan, dat de toevallige fouten van mijne uitkomsten en van die van ANGSTRÖM al niet veel grooter kunnen zijn.

---

*) *Archives.* Vol. III. Tabel p. 8.

13. Het is derhalve practisch wel uitvoerbaar om de waarde van zulk een réseau, dat 6 lijnen breed is, tot op $\frac{1}{100000}$ naauwkeurig in golflengten van sodium-licht in het luchtledige uit te drukken. De lijnen van zulk een réseau behooren dan zoo juist en zuiver mogelijk te worden getrokken, en de temperatuur van het glas gedurende het proces der verdeeling, met alle hare variaties, behoort eigenlijk bekend te zijn. Bij de meting der golf-lengte moet de temperatuur van het glas zoo standvastig mogelijk worden gehouden, en zoowel deze als de temperatuur en barometer-stand, en kan het ook zijn de vochtigheids-toestand der atmospheer, behooren ijverig te worden opgeteekend. Dan kan het resultaat die naauwkeurigheid en zekerheid bereiken, welke aan de naauwkeurigste der bekende metingen van den slinger toekomt.

Maar een centimeter, of wil men liever 13.5 millimeter, vormen nog geen meter; daarvoor moet dit resultaat omtrent 74 maal worden vergroot, en daarbij zijn wij 74 maal afhankelijk van de naauwkeurigheid, die tot heden bij het vergelijken van maten bereikt is, en die wij op $\frac{1}{2000}$ van een millimeter willen aanslaan.

Wanneer bij al die 74 comparaties de fout in denzelfden zin viel, was de fout in het eind-resultaat $\frac{1}{30}$ millim. ongeveer en de resulteerende meter was alleen tengevolge hiervan niet meer dan op $\frac{1}{30000}$ zijner waarde naauwkeurig, die fout zal nu wel niet altijd in denzelfden zin vallen; maar het is ook niet geoorloofd om te zeggen dat zij voor de eene helft der vergelijkingen positief, en voor de andere helft negatief zal uitvallen.

Ik wil daarom wel toegeven, dat ik voor het oogenblik geen meter kan produceren, die met de vereischte naauwkeurigheid in de genoemde golflengte kan worden uitgedrukt Maar daartegenover staat, dat het even onmogelijk is, om uit den meter een centimeter af te leiden, die meer dan tot op $\frac{1}{20000}$ zijner waarde naauwkeurig is, terwijl ik de waarde mijner réseaux

van 13.5 millim. tot op $\frac{1}{100000}$ hunner waarde naauwkeurig in golflengten vermag uit te drukken.

Ik zal beproeven door NOBERT nog eenige réseaux onder de noodige voorzorgen en met de vereischte opteekeningen van den thermometer, zoo juist en zuiver mogelijk vervaardigd, te krijgen. Tevens wil ik onderzoeken of ik niet even zulke réseaux als FRAUNHOFER *) bezigde, gevormd door evenwijdig geplaatste micrometer-schroeven, in wier windingen fijne metaaldraden zijn uitgespannen, kan magtig worden. Later kom ik dan nog wel weder op dit onderwerp terug. Misschien komt in dien tusschentijd wel een ander op eenigen gelukkigen inval, om mijn voorstel practisch in toepassing te brengen. Ik ben ook nog geheel niet overtuigd, dat juist de réseaux hier de beste oplossing zullen geven.

Haarlem, 20 April 1870.

NOOT.

Op aanwijzing van ons medelid Prof. KAISER heb ik, na het indienen mijner Verhandeling, gevonden, dat mijn voorstel om de golflengte van sodium-licht als natuurmaat te bezigen, niet nieuw is. Men vindt hetzelfde reeds voorgesteld door Dr. LAMONT in het *Jahrbuch der Königlichen Sternwarte bei München für* 1839, p. 188; even als ik, wil LAMONT voor de bepaling dier golflengte de diffractie-verschijnselen en bepaaldelijk die der réseaux bezigen. Door deze aanmerking hoop ik mij volkomen te vrijwaren voor eene onverdiende beschuldiging van plagiaat.

Haarlem, 20 Junij 1870.

---

*) *Astronomische Abhandlungen*, herausgegeben von SCHUMACHER. Heft II. Altona, 1823. p. 71 et 99.

RAPPORT,

UITGEBRAGT IN DE GEWONE VERGADERING VAN
26 SEPTEMBER 1870 *).



De verhandeling van ons geacht medelid VAN DER WILLIGEN *over Natuurmaten*, bevat eerstelijk een kort geschiedkundig overzigt van de pogingen om in de natuur eene maat te vinden, onveranderlijk uit zich zelve, geschikt tot lengte-eenheid voor dagelijksch gebruik, en ligt weder te vinden wanneer zij eenmaal verloren mogt zijn. Bijzonder wordt melding gemaakt van het bekende voorstel van HUYGENS, om tot maat de lengte van den secunde-slinger te bezigen, en herinnerd hoe het verworpen werd op het oogenblik toen het op het punt was om verwezenlijkt te worden — toen men aan den meter, het 40-millioenste van den omtrek van een bepaalden meridiaan, de voorkeur gaf. Omtrent deze verandering van keuze, het loslaten van de lengte van den secunde-slinger als eenheid van maat, om die lengte eenvoudig als middel van verificatie te gebruiken, merkt de Heer VAN DER WILLIGEN op, dat „hoe rationeel het ook moge „wezen, het meer dan iets anders de algemeene invoering van „den meter als maat voor alle volken heeft in den weg ge„staan en zal blijven in den weg staan. — Immers door „op den secunde-slinger als middel tot contrôle te wijzen, was „het voor ieder volk het eenvoudigst, om bij zijne eigene ma„ten te blijven en die door de natuurmaat juist te bepalen, in „stede van eerst eene andere geheel ongebruikelijke zoogenaamde „natuurmaat in te voeren, die dan toch weêr op dezelfde wijze

*) De verhandeling waarop dit Rapport betrekking heeft, was oorspronkelijk voor de werken in 4⁰ aangeboden; later werd zij, volgens begeerte des schrijvers, met het Rapport voor de *Versl. en Meded.* bestemd.

RED.

„moest worden geverifieerd." Uit dit oogpunt is het wel de grootste fout, zegt ons medelid, die men begaan kon, toen men de lengte van den secunde-slinger op 45° breedte, die toch zoo digt bij een meter kwam, als eenheid van maat losliet.

De opmerking moge niet onjuist zijn, op zich zelve genomen, maar dat het der algemeene invoering van den *meter* voor alle volken, *meer dan iets anders* heeft in den weg gestaan, en *in den weg zal blijven staan*, schijnt te veel gezegd te zijn.

„Door de gemaakte opmerking is," zegt de Heer V. D. W., „het oogpunt gepraeciseerd, waaruit ik de eischen aan eene na- „tuurmaat te stellen, wil beschouwen. Ik wil eenvoudig deze „dubbele vraag beantwoorden: is de naauwkeurigheid waarmede „oorspronkelijk de meter werd vastgesteld, en waarmede de „lengte van den secunde-slinger toen en nu bepaald wordt, in „goede verhouding met de naauwkeurigheid waarmede twee „lengte-maten tegenwoordig kunnen worden vergeleken, en is „de door den secunde-slinger bereikbare naauwkeurigheid ten „tweeden voldoende om ons die eventuëele veranderingen in „standaardmaten en étalons te leeren kennen, waarvoor men „teregt bevreesd is." Beide vragen worden ontkennend beantwoord.

Wat het eerste punt betreft, de naauwkeurigheid waarmede oorspronkelijk de *meter* werd vastgesteld, of liever de naauwkeurigheid waarmede de *prototype* van den meter is vervaardigd en geverifieerd, deze wordt door den schrijver op $\pm \frac{1}{100}$ mm. geschat. In het Rapport uitgebragt door de Commissie voor standaard-meter en kilogram den 27sten November jl., is de naauwkeurigheid der vergelijkingen met de Toise du Pérou geschat op $\frac{1}{73}$ mm. en dus op nog minder dan volgens den Heer VAN DER WILLIGEN. Gereedelijk zal dan ook een ieder toestemmen, dat de eerste vraag ontkennend beantwoord moet worden.

Wat het tweede punt betreft, de naauwkeurigheid waarmede de lengte van den secunde-slinger bepaald is, hierover treedt de Heer VAN DER WILLIGEN in eenige meerdere ontwikkeling door de vergelijking der uitkomsten door verschillende waarnemers verkregen, als van BORDA en CASSINI, BIOT, MATHIEU en

BOUVARD ; maar in het bijzonder door BESSEL en SCHUMACHER. Deze laatste komen eigenlijk ook maar alleen in aanmerking, wanneer het er op aankomt te weten, tot hoever de naauwkeurigheid gaan kan die thans door slingerproeven bereikt kan worden.

Op bladz. 28 zegt de schrijver der verhandeling, omtrent de uitkomsten der slingerproeven te Königsberg, Güldenstein en Berlijn van 1826 tot 1835 verkregen: „Van waarschijnlijke fouten „van het eindresultaat kan bij deze metingen geen sprake meer „zijn; wanneer het aantal metingen toeneemt, worden deze ten „slotte toch oneindig klein — en bij zulke naauw aan elkander „sluitende afzonderlijke uitkomsten als wij in deze reeksen hier „voor ons hebben, worden die waarschijnlijke fouten om zoo „te zeggen eigenlijk ook reeds belagchelijk klein. Wanneer ik „moet zeggen wat ik meen, dan geef ik niet veel om die mi„niaturen waarschijnlijke fouten van het eindresultaat, zoodra „zij buiten de grenzen van het werkelijk bij de waarnemingen „meetbare of zigtbare vallen: de onderlinge vergelijking der af„zonderlijke uitkomsten, die tot het eind-midden zamenwerken, „heeft in mijn oog veel grooter waarde."

De Heer VAN DER WILLIGEN bedoelt met andere woorden blijkbaar hiermede, dat hij meer waarde hecht aan eene geringe waarde der middelbare fout eener *enkele* waarneming, dan aan eene kleine waarde der middelbare fout van het eindresultaat, door een groot getal herhalingen gevonden. Dit is toegestemd, maar men gaat te ver, zoo ter beoordeeling van naauwkeurigheid genomen wordt alleen het grootste verschil tusschen de afzonderlijke uitkomsten, zooals uit het volgende schijnt te moeten volgen, waar die *grootste* verschillen der afzonderlijke uitkomsten door BESSEL verkregen, opgegeven worden.

Vervolgens vergelijkt de Heer VAN DER WILLIGEN de gevonden lengten des secunde-slingers te Königsberg, te Güldenstein en te Berlijn, met de formule van SABINE, waardoor die lengte in functie van de breedte wordt uitgedrukt. Dit geeft natuurlijk aanleiding tot het vinden van grooter afwijkingen, of verschillen der algemeene formule met de regtstreeksche bepalingen, dan de hier voren bedoelde fouten in de waarnemingen op eene enkele plaats.

Het schijnt ons toe dat hieruit niets tegen de bepaling van de lengte des secunde-slingers, zoo als zij is uitgevoerd, kan afgeleid worden — daargelaten, dat de toestel te Güldenstein en Berlijn, of een gedeelte er van, een andere was, zoo zouden beide plaatsen *dezelfde* geweest moeten zijn, om over de meerdere of mindere overeenstemming van slingerproeven te kunnen oordeelen.

De geologische toestand van den bodem is onbekend, en men weet dat, zelfs op betrekkelijk korte afstanden van elkander, in de rigting der loodlijn afwijkingen van de normale rigting *kunnen* plaats hebben, waarmede hoogst waarschijnlijk, of bijna zeker, afwijkingen van de lengte van den secunde-slinger gepaard moeten gaan.

Wanneer het slechts de vraag geldt om den slinger voor de vergelijking van de lengte van standaard-maten, op verschillende tijden — dat is na tusschentijden van vele jaren — aan *dezelfde* plaats te doen dienen, dan komt het ons voor dat de slinger eene naauwkeurigheid toelaat, die zelfs heden weinig meer te wenschen laat.

De slingers daarentegen op de parallelen van 45° bijv. genomen, in elk der werelddeelen, zullen vermoedelijk of genoegzaam zeker *iets* meer van elkander afwijken, dan het bedrag der fouten in de vergelijking van lengte-maten.

Op pag. 30 der verhandeling spreekt de Heer V. D. WILLIGEN over de naauwkeurigheid waarmede BESSEL en BAEYER lengtematen (hebben) kunnen vergelijken. Er blijven fouten over. De middelbare fout — van elke der eerste metingen is ± 0.00055 lijn, en die der latere 48 metingen is ± 0.000244 lijn, dat is ongeveer ruim $\frac{1}{2}$ en $\frac{1}{4}$ van het duizendste eener lijn of nagenoeg 1 en $\frac{1}{2}$ duizendstemillimeter. De middelbare fouten der eindresultaten zijn respectivelijk $\frac{1}{38000000}$ en $\frac{1}{11500000}$ der geheele lengte.

Maar de beide uitkomsten voor de lengte van denzelfden étalon verkregen, wijken 0.00021 lijn, dat is ruim het $\frac{1}{5}$ van het duizendste eener lijn of ongeveer $\frac{2}{5}$ van het duizendste van een mm., van elkander af.

Wij voor ons achten dit zeer voldoende, althans kunnen *niet*

toestemmen hetgeen ons Medelid hieromtrent zegt, te weten: „Het is wel niet uit te maken, hoe die verschillende uitkomst „voor de lengte van den étalon is geboren; maar zij werpt niet-„temin eene geduchte schaduw op de waarde van alle standaard-„maten, in zoo verre zij hare voortdurende onveranderlijkheid „twijfelachtig maakt."

Daarna herinnert de schrijver aan het kortelings opgemerkt verschil in het bedrag der uitzettings-coëfficiënten eener zelfde staaf, na verloop van eenige jaren, of tengevolge van veelvuldige trillingen enz., en dit is zeker van meer gewigt, wanneer er sprake is van het behoud van een onveranderden étalon. Dit onderwerp is nog nieuw, en zal gewis aanleiding geven tot menigvuldige onderzoekingen, waarnemingen en proeven. In tegenstelling in dat opzigt met ons Medelid hechten wij hierbij, als middel van onderzoek, aan het hermeten eener basis met zoo goed mogelijk in den grond verzekerde eindpunten groote waarde. De schrijver zegt „of algemeener nog van den afstand van twee astronomisch bepaalde punten." De astronomische bepaling der eindpunten is voor het beoogde doel niet noodig; zeker onvoldoende.

Als eene grootheid ons door de natuur aangeboden en bijzonder geschikt om als standaard van lengtemaat gekozen te worden, beveelt de schrijver aan de golflengte van het sodium-licht, in het luchtledig en eenige millioenen malen genomen.

Daartoe toont hij in de eerste plaats aan: dat de herleiding tot het luchtledig met voldoende juistheid kan geschieden, en wijst hij op de onderlinge overeenstemming der door hemzelven met verschillende réseaux bepaalde golflengten en op de uiterst kleine verschillen tusschen de door hem en ANGSTRÖM gevonden verhoudingsgetallen der golflengten voor de verschillende lijnen van het spectrum

Wegens de onzekerheid omtrent de temperatuur waarbij NOBERT de gebezigde réseaux getrokken heeft, kan, naar ons toeschijnt, aan eerstgemelde overeenstemming geen groote bewijskracht worden toegekend; ook al deelen wij 's schrijvers grond tot twijfel niet, dat de zilverlaag zich, onafhankelijk van het glas waarop zij nêergeslagen is, zou uitzetten.

Meer waarborg voor de bereikte naauwkeurigheid vinden wij

in de treffende uitkomsten der vergelijking van 's schrijvers bepalingen met die van ANGSTRÖM.

Met het oog op deze uitkomsten kan Uwe Commissie zich wel vereenigen met de uitspraak, dat het mogelijk is de juiste lengte van een réseau van circa $13\frac{1}{2}$ mm. tot op $\frac{1}{100000}$ van het geheel in golflengten uit te drukken. De vereischten hiertoe zijn echter niet gering, en in de voornaamste plaats wel — dat een degelijk kunstenaar zulk een réseau vervaardige, zoowel als de overige toestellen voor de waarneming, en ook niet minder een bekwaam waarnemer; maar dit zijn eischen die o a ook voor de slingerproeven gevorderd worden.

Ons Medelid heeft dus den weg aangewezen waardoor uit de natuur eene kleine lengte van 1 à $1\frac{1}{3}$ centimeter kan ontleend worden, onafhankelijk van tijd en plaats, en dit is verre van onbelangrijk. Blijft de vraag, hoe uit zulk eene lengte een meter te maken zij, natuurlijk met de naauwkeurigheid die thans gevorderd wordt. De Heer VAN DER WILLIGEN stemt toe, dat hij op dit oogenblik daartoe nog niet in staat is. Daar staat wel tegenover dat men evenmin, zooals hij verder opmerkt, in staat is om uit den meter een centimeter af te leiden, die meer dan tot op $\frac{1}{20000}$ zijner waarde naauwkeurig is, dat is tot op $\frac{1}{2}$ duizendste van een mm, maar dit komt ons van weinig belang voor, zoo lang in een goed microscoop minder dan $\frac{1}{2000}$ mm., zij het $\frac{1}{10000}$ mm., niet goed meetbaar te onderscheiden is.

Een réseau dat tot op $\frac{1}{100000}$ zijner lengte, dat is tot op $\frac{1}{10000}$ mm. *rekenkundig* naauwkeurig in lichtgolflengten is uitgedrukt, heeft daarom nog niet die zelfde naauwkeurigheid als lengtemaat, indien men bij werkelijke lengte-metingen voor niet meer $\frac{1}{2000}$ mm. kan instaan.

Bij het vermenigvuldigen van het réseau komt dus niet de fout van het réseau $=\frac{1}{10000}$ mm. in aanmerking, maar wel

degelijk de *fout* $= \frac{1}{2000}$ mm. onzer zorgvuldigste lengte-metingen of vergelijkingen van lengte-maten onderling.

Dat bij eene vermenigvuldiging van 74 malen, niet ook de fout van het eindresultaat 74 malen de oorspronkelijke fout zal beloopen, is ligt toe te stemmen, maar in elk geval zal op de grootere maat eene absolunt grootere fout te duchten zijn dan op de kleine maat waarmede begonnen wordt.

De Commissie hoopt, dat het denkbeeld van den Heer VAN DER WILLIGEN eene nuttige toepassing voor de wetenschap moge vinden, en welligt eenmaal leiden mag tot een nieuw middel om de standvastigheid van meetstaven te onderzoeken

Zij adviseert derhalve tot de opname in de werken der Academie.

Delft, Junij 1870.

F. J. STAMKART.
L. COHEN STUART.

Eerst nadat dit verslag was opgemaakt, is de door den schrijver aan zijne verhandeling toegevoegde noot ter onzer kennis gekomen. Uit die noot blijkt, dat reeds in 1839 door LAMONT te Munchen is voorgesteld geworden, om aan de golflengte van het licht, met behulp van de diffractie-verschijnselen door réseaux opgeleverd, eene natuurmaat te ontleenen.

In de omstandigheid, dat de door ons Medelid voorgestane zaak niet nieuw blijkt te zijn, vinden wij geen voldoenden grond tot wijziging der conclusie van ons rapport.

De opname toch der verhandeling in de werken der Aeademie kan het gevaar voorkomen, dat een denkbeeld, hetgeen wel der overweging waard schijnt, in vergetelheid gerake.

Delft, September 1870.

F. J. STAMKART.
L. COHEN STUART.

BIJDRAGEN

TOT DE

THEORIE DER BEPAALDE INTEGRALEN N°. 10.

DOOR

D. BIERENS DE HAAN.

Over het differentieeren eener bepaalde dubbele integraal ten opzichte van eene standvastige, die onder het integraalteeken voorkomt.

1. Bekend is de wijze, waarop bij een gewone bepaalde integraal gedifferentieerd kan worden ten opzichte van eene standvastige grootheid onder het integraalteeken, wanneer de grenzen standvastig zijn en niet van genoemde standvastige grootheid afhangen; men heeft slechts, behoudens eene verbetering in het geval van ondoorloopendheid, die bewerking onder het integraalteeken uit te voeren. Evenzeer kan men, onder dezelfde omstandigheden, het integreeren van een gewone bepaalde integraal, naar zulk een standvastige, vervangen door dezelfde integratie onder het integraalteeken; bij de theorie der dubbele integralen heet dit: het veranderen van de orde in het integreeren. Beide methoden zijn sints langen tijd bekend.

Van veel lateren tijd is de toepassing van de eerste bewerking op het geval, dat de grenzen der bepaalde integraal mede afhangen van de genoemde standvastige grootheid. De regels, die bij de tweede bewerking in datzelfde geval ontstaan, werden het eerst door mij gegeven in de Bijdragen tot de theorie der bepaalde integralen N°. 1, opgenomen in de *Verslagen en Mededeelingen*, 1e Reeks, Dl. IV, blz. 332—346. 1856.

Gaat men over tot dubbele integralen, waarbij de grenzen wederom niet afhangen van de standvastige grootheid, die men onderstelt voortekomen in de geintegreerde functie, dan leveren beide bewerkingen weinig bezwaar, en blijkt het dat dezelfde verplaatsing der bewerking algemeen blijft gelden. Ook dit was reeds vroeger, bijv. aan CAUCHY, bekend.

Maar anders is het, wanneer nu ook de grenzen van het integreeren wederom wel afhangen van de genoemde standvastige grootheid. Het is het doel van dit en het volgende opstel om te trachten ook in dit geval de overeenkomstige regels af te leiden.

2. Daartoe herinnere men zich eerst den overeenstemmenden regel voor eene gewone bepaalde integraal

$$\frac{d}{d\varrho}\int_r^R f(\varrho, x)\,dx = \int_r^R \frac{df(\varrho, x)}{d\varrho}\,dx + \frac{dR}{d\varrho} f(\varrho, R) - \frac{dr}{d\varrho} f(\varrho, r), \quad . \quad (1)$$

die men, zoolang R en r beide van de standvastige grootheid ϱ afhangen, ook aldus kan schrijven,

$$\frac{d}{d\varrho}\int_r^R f(\varrho, x)\,dx = \int_r^R \frac{df(\varrho, x)}{d\varrho}\,dx + \frac{d}{d\varrho}\Big[R f(\varrho, R) - r f(\varrho, r)\Big] -$$

$$- \Big[R\,\frac{df(\varrho, R)}{d\varrho} - r\,\frac{df(\varrho, r)}{d\varrho}\Big] \text{ *)} \quad . \quad . \quad (2)$$

Ten einde nu de formule afteleiden voor het differentieeren naar eene standvastige bij eene dubbele integraal, moet men in de vergelijking (1) $f(\varrho, x)$ vervangen door $\int_q^Q f(\varrho, x, y)\,dy$:

alwaar nu de grenzen der integratie Q en q in het algemeen mede functien zijn van de standvastige ϱ. Dit geeft al dadelijk, als men bij den eersten term van het tweede lid wederom dezelfde vergelijking (1) toepast,

---

*) Men kan de afleiding dezer formulen o. a. vinden in het Exposé de la théorie etc. des intégrales définies, Partie I, § 4, N°. 28 et N°. 33. *Verhandelingen* Dl. VIII, blz. 21 en 25.

$$\frac{d}{d\varrho}\int_r^R dx\int_q^Q f(\varrho,x,y)\,dy =$$

$$=\int_r^R dx\,\frac{d}{d\varrho}\int_q^Q f(\varrho,x,y)\,dy+\frac{dR}{d\varrho}\int_q^Q f(\varrho,R,y)\,dy-\frac{dr}{d\varrho}\int_q^Q f(\varrho,r,y)\,dy=$$

$$=\Big[\int_r^R dx\int_q^Q\frac{d\,f(\varrho,x,y)}{d\varrho}\,dy+\int_r^R dx\frac{dQ}{d\varrho}f(\varrho,x,Q)-$$

$$-\int_r^R dx\frac{dq}{d\varrho}f(\varrho,x,q)\Big]+\frac{dR}{d\varrho}\int_q^Q f(\varrho,R,y)\,dy-\frac{dr}{d\varrho}\int_q^Q f(\varrho,r,y)\,dy=$$

$$=\int_r^R dx\int_q^Q\frac{df(\varrho,x,y)}{d\varrho}dy+\frac{dQ}{d\varrho}\int_r^R f(\varrho,x,Q)\,dx-\frac{dq}{d\varrho}\int_r^R f(\varrho,x,q)\,dx+$$

$$+\frac{dR}{d\varrho}\int_q^Q f(\varrho,R,y)\,dy-\frac{dr}{d\varrho}\int_q^Q f(\varrho,r,y)\,dy,\,\ldots\ldots\ldots\ (3)$$

waar men de factoren $\frac{d\,Q}{d\varrho}$ en $\frac{d\,q}{d\,\varrho}$, die op de integratie naar de veranderlijke x geen invloed uitoefenen, als standvastige factoren voor het integraalteeken heeft geplaatst, even als zulke reeds met de overeenkomstige factoren $\frac{dR}{d\varrho}$ en $\frac{dr}{d\varrho}$ plaats had.

Deze uitkomst is volkomen symetrisch en heeft een niet te miskennen overeenkomst met de vroegere formule (1).

En hiermede is dan ook het eerstgestelde problema opgelost.

3. Men kan hier echter nog verder gaan. Vervangt men namelijk in de vergelijking (3) de geintegreerde functie $f(\varrho, x, y)$ door $\int_p^P f(\varrho, x, y, z)\,dz$, en voert men in den eersten term van het tweede lid der uitkomst wederom de formule (1) in, zoo verkrijgt men

$$\frac{d}{d\varrho}\int_r^R dx\int_q^Q dy\int_p^P f(\varrho,x,y,z)\,dz = \int_r^R dx\int_q^Q dy\int_p^P \frac{df(\varrho,x,y,z)}{d\varrho}\,dz +$$

$$+\frac{dP}{d\varrho}\int_r^R dx\int_q^Q f(\varrho,x,y,P)\,dy - \frac{dp}{d\varrho}\int_r^R dx\int_q^Q f(\varrho,x,y,p)\,dy +$$

$$+\frac{dQ}{d\varrho}\int_r^R dx\int_p^P f(\varrho,x,Q,z)\,dz - \frac{dq}{d\varrho}\int_r^R dx\int_p^P f(\varrho,x,q,z)\,dz +$$

$$+\frac{dR}{d\varrho}\int_q^Q dy\int_p^P f(\varrho,R,y,z)\,dz - \frac{dr}{d\varrho}\int_q^Q dy\int_p^P f(\varrho,r,y,z)\,dz\,. \quad (4)$$

Zoodra men nu deze uitkomsten (1), (3) en (4) aandachtig te zamen vergelijkt, en de methode van afleiding nagaat, komt men gemakkelijk tot den algemeenen regel.

Wanneer men eene n dubbele bepaalde integraal, — waarbij de grenzen afhangen van eene standvastige grootheid, die ook in de geintegreerde functie voorkomt, — ten opzichte van die standvastige wil differentieeren, ga men dus te werk. Vooreerst differentieere men, voor dat er eenige integratie wordt uitgevoerd, de functie zelve ten opzichte dier standvastige. Vervolgens vorme men n paren van $n—1$ dubbele bepaalde integralen door eenvoudig ééne der integratien weg te laten, maar dan ook in de geintegreerde functie de weggevallen veranderlijke telkens door iedere van hare grenzen te vervangen: voor iedere dier beide integralen stelle men het differentiaalquotient der overeenkomstige grens ten opzichte der genoemde standvastige als coefficient: en trekke men de uitkomst voor de onderste grens af van die voor de bovenste grens. De som van al die n verschillen, bij de eerste n dubbele integraal gevoegd, geeft het verlangde.

Bij dezen algemeenen regel voor eene n dubbele integraal, zoowel als bij de formule (3) en (4), worde het volgende opgemerkt.

1°. Als de geintegreerde functie de standvastige, ten opzichte waarvan gedifferentieerd wordt, niet bevat, dan vervalt de eerste term, de n dubbele integraal, omdat zij identisch nul wordt.

2°. Wanneer eenige der $2n$ grenzen van de n veranderlijken niet van die genoemde standvastige grootheid afhangen, zoo vervallen de overeenkomstige der $n-1$ dubbele integralen, welke tot coefficient hebben het differentiaalquotient van die grens ten opzichte van die standvastige: deze coefficient zal toch alsdan verdwijnen.

4. Maar ook in een anderen zin kan men verder gaan dan de vergelijking (3): men kan namelijk trachten om eene uitdrukking te vinden voor hoogere differentiaalquotienten van dezelfde dubbele integraal ten opzichte van dezelfde standvastige grootheid. Daartoe zal men evenwel het tweede lid dier vergelijking (3) eerst tot anderen vorm moeten herleiden.

Deze herleiding steunt op de methode van het integreeren bij gedeelten en wel in dezen vorm

$$\frac{du}{d\varrho}\int_a^b f(\varrho,v)\,dv = \frac{d}{d\varrho}\left[u\int_a^b f(\varrho,v)\,dv\right] - u\,\frac{d}{d\varrho}\int_a^b f(\varrho,v)\,dv\,; \quad . \; (a)$$

zij levert ons achtervolgens voor de vier laatste termen van het tweede lid in vergelijking (3), wanneer men daarbij van de formule (a) gebruik maakt,

$$\frac{dR}{d\varrho}\int_q^Q f(\varrho,R,y)\,dy = \frac{d}{d\varrho}\left[R\int_q^Q f(\varrho,R,y)\,dy\right] -$$

$$-R\left[\int_q^Q \frac{df(\varrho,R,y)}{d\varrho}\,dy + \frac{dQ}{d\varrho}f(\varrho,R,Q) - \frac{dq}{d\varrho}f(\varrho,R,q)\right],$$

$$-\frac{dr}{d\varrho}\int_q^Q f(\varrho,r,y)\,dy = -\frac{d}{d\varrho}\left[r\int_q^Q f(\varrho,r,y)\,dy\right] +$$

$$+r\left[\int_q^Q \frac{df(\varrho,r,y)}{d\varrho}\,dy + \frac{dQ}{d\varrho}f(\varrho,r,Q) - \frac{dq}{d\varrho}f(\varrho,r,q)\right],$$

$$\frac{dQ}{d\varrho}\int_r^R f(\varrho,x,Q)\,dx = \frac{d}{d\varrho}\left[Q\int_r^R f(\varrho,x,Q)\,dx\right] -$$

$$-Q\left[\int_r^R \frac{df(\varrho,x,Q)}{d\varrho}\,dx + \frac{dR}{d\varrho}f(\varrho,R,Q) - \frac{dr}{d\varrho}f(\varrho,r,Q)\right],$$

$$-\frac{dq}{d\varrho}\int_r^R f(\varrho,x,q)\,dx = -\frac{d}{d\varrho}\left[q\int_r^R f(\varrho,x,q)\,dx\ +\right.$$

$$\left. +\ q\left[\int_r^R \frac{df(\varrho,x,q)}{d\varrho}dx + \frac{dR}{d\varrho}f(\varrho,R,q) - \frac{dr}{d\varrho}f(\varrho,r,q)\right]\right.$$

Wanneer men deze uitkomsten in vergelijking (3) invoert, ontwaart men dat er vier sommen voorkomen van den vorm

$$\pm\left[A\frac{dB}{d\varrho}f(\varrho,A,B) + B\frac{dA}{d\varrho}f(\varrho,A,B)\right],$$

die men, zoo als bekend is, kan uitdrukken door het verschil

$$\pm\left\{\frac{d}{d\varrho}\left[ABf(\varrho,A,B)\right] - AB\frac{d}{d\varrho}f(\varrho,A,B)\right\}.$$

Op die wijze verkrijgt men dan

$$\frac{d}{d\varrho}\int_r^R dx\int_q^Q f(\varrho,x,y)\,dy = \int_r^R dx\int_q^Q \frac{df(\varrho,x,y)}{d\varrho}dy\ +$$

$$+\frac{d}{d\varrho}\left[R\int_q^Q f(\varrho,R,y)\,dy - r\int_q^Q f(\varrho,r,y)\,dy + Q\int_r^R f(\varrho,x,Q)\,dx\ -\right.$$

$$\left. -q\int_r^R f(\varrho,x,q)\,dx\right] - \left[R\int_q^Q\frac{df(\varrho,R,y)}{d\varrho}dy - r\int_q^Q\frac{df(\varrho,r,y)}{d\varrho}dy\ +\right.$$

$$\left. +Q\int_r^R\frac{df(\varrho,r,Q)}{d\varrho}dx - q\int_r^R\frac{df(\varrho,x,q)}{d\varrho}dx\right] - \frac{d}{d\varrho}\left[QRf(\varrho,R,Q)\ -\right.$$

$$\left. -qRf(\varrho,R,q) - Qrf(\varrho,r,Q) + qrf(\varrho,r,q)\right] + \left[QR\frac{df(\varrho,R,Q)}{d\varrho}\ -\right.$$

$$\left. -qR\frac{df(\varrho,R,q)}{d\varrho} - Qr\frac{df(\varrho,r,Q)}{d\varrho} + qr\frac{df(\varrho,r,q)}{d\varrho}\right], \quad \ldots \quad (5^a)$$

of

$$\frac{d}{d\varrho}\int_r^R dx\int_q^Q f(\varrho,x,y)\,dy = \int_r^R dx\int_q^Q \frac{df(\varrho,x,y)}{d\varrho}\,dy +$$

$$+\frac{d}{d\varrho}\Big[R\int_q^Q f(\varrho,R,y)\,dy - r\int_q^Q f(\varrho,r,y)\,dy + Q\int_r^R f(\varrho,x,Q)\,dx -$$

$$-q\int_r^R f(\varrho,x,q)\,dx - QRf(\varrho,R,Q) + qRf(\varrho,R,q) + Qrf(\varrho,r,Q) -$$

$$qrf(\varrho,r,q)\Big] - \Big[R\int_q^Q \frac{df(\varrho,R,y)}{d\varrho}\,dy - r\int_q^Q \frac{df(\varrho,r,y)}{d\varrho}\,dy +$$

$$+Q\int_r^R \frac{df(\varrho,x,Q)}{d\varrho}\,dx - q\int_r^R \frac{df(\varrho,x,q)}{d\varrho}\,dx - QR\frac{df(\varrho,R,Q)}{d\varrho} +$$

$$+qR\frac{df(\varrho,R,q)}{d\varrho} + Qr\frac{df(\varrho,r,Q)}{d\varrho} - qr\frac{df(\varrho,r,q)}{d\varrho}\Big] \quad \ldots\ldots (5)$$

Zoekt men nu de tweede differentiaal ten opzichte van de standvastige ϱ, en voert men deze differentiatie werkelijk uit, dan ondergaan de drie termen van het tweede lid volgende verandering. De eerste, de dubbele integraal, moet naar ϱ worden gedifferentieerd, en daartoe kan men wederom dezelfde vergelijking (5) gebruiken, wanneer men slechts daarin de geintegreerde functie $f(\varrho, x, y)$ door den vorm $\dfrac{\partial f(\varrho,x,y)}{\partial\varrho}$ vervangt. Men heeft toch hier te doen met het gedeeltelijke differentiaalquotient, omdat bij de differentiatie de x en y onafhankelijk van de standvastige ϱ moeten blijven, ook al worden zij later door R, r, Q of q vervangen. Van den tweeden term, tusschen vierkante haakjes, moet men het tweede differentiaalquotient nemen ten opzichte van ϱ; van den derden of laatsten term, mede tusschen vierkante haakjes, daarentegen het eerste differentiaalquotient. Op die wijze verkrijgt men dan

$$\frac{d^2}{d\varrho^2}\int_r^R dx\int_q^Q f(\varrho,x,y)\,dy = \Big\{\int_r^R dx\int_q^Q \frac{d^2 f(\varrho\, x,y)}{d\varrho^2}dy +$$

$$+\frac{d}{d\varrho}\Big[R\int_q^Q \frac{\partial f(\varrho,R,y)}{\partial\varrho}dy - r\int_q^Q \frac{\partial f(\varrho,r,y)}{\partial\varrho}dy + Q\int_r^R \frac{\partial f(\varrho,x,Q)}{\partial\varrho}dx -$$

$$- q\int_r^R \frac{\partial f(\varrho,x,q)}{\partial\varrho}dx - QR\frac{\partial f(\varrho,R,Q)}{\partial\varrho} + qR\frac{\partial f(\varrho,R,q)}{\partial\varrho} +$$

$$+ Qr\frac{\partial f(\varrho,r,Q)}{\partial\varrho} - qr\frac{\partial f(\varrho,r,q)}{\partial\varrho}\Big] - \Big[R\int_q^Q \frac{d}{d\varrho}\frac{\partial f(\varrho,R,y)}{\partial\varrho}dy -$$

$$- r\int_q^Q \frac{d}{d\varrho}\frac{\partial f(\varrho,r,y)}{\partial\varrho}dy + Q\int_r^R \frac{d}{d\varrho}\frac{\partial f(\varrho,x,Q)}{\partial\varrho}dx - q\int_r^R \frac{d}{d\varrho}\frac{\partial f(\varrho,x,q)}{\partial\varrho}dx -$$

$$- QR\frac{d}{d\varrho}\frac{\partial f(\varrho,R,Q)}{\partial\varrho} + qR\frac{d}{d\varrho}\frac{\partial f(\varrho,R,q)}{\partial\varrho} + Qr\frac{d}{d\varrho}\frac{\partial f(\varrho,r,Q)}{\partial\varrho} - qr\frac{d}{d\varrho}\frac{\partial f(\varrho,r,q)}{\partial\varrho}\Big]\Big\} +$$

$$+\frac{d^2}{d\varrho^2}\Big[R\int_q^Q f(\varrho,R,y)\,dy - r\int_q^Q f(\varrho,r,y)\,dy + Q\int_r^R f(\varrho,x,Q)\,dx -$$

$$- q\int_r^R f(\varrho,x,q)dx - QRf(\varrho,R,Q) + qRf(\varrho,R,q) + Qrf(\varrho,r,Q) -$$

$$- qrf(\varrho,r,q)\Big] - \frac{d}{d\varrho}\Big[R\int_q^Q \frac{df(\varrho,R,y)}{d\varrho}dy - r\int_q^Q \frac{df(\varrho,r,y)}{d\varrho}dy +$$

$$+ Q\int_r^R \frac{df(\varrho,x,Q)}{d\varrho}dx - q\int_r^R \frac{df(\varrho,x,q)}{d\varrho}dx - QR\frac{df(\varrho,R,Q)}{d\varrho} +$$

$$+ qR\frac{df(\varrho,R,q)}{d\varrho} + Qr\frac{df(\varrho,r,Q)}{d\varrho} - qr\frac{df(\varrho,r,q)}{d\varrho}\Big] \quad . \; . \; . \; . \; . \; (6)$$

Werkt men nu een der termen uit, die in den vijfden, laatsten term voorkomen, dan vindt men met behulp van (2), bij voorbeeld

$$\frac{d}{d\varrho}\cdot R\int_q^Q \frac{df(\varrho,R,y)}{d\varrho}\,dy = \frac{dR}{d\varrho}\int_q^Q \frac{df(\varrho,R,y)}{d\varrho}\,dy +$$

$$+ R\int_q^Q \frac{d^2 f(\varrho,R,y)}{d\varrho^2}dy + R\frac{d}{d\varrho}\Big[Qf(\varrho,R,Q) - qf(\varrho,R,q)\Big] -$$

$$- R\Big[Q\,\frac{df(\varrho,R,Q)}{d\varrho} - q\,\frac{df(\varrho,R,q)}{d\varrho}\Big].$$

Daar nu, wegens het verschil tusschen de gedeeltelijke en de volkomen differentiaalquotienten, de verkregen termen de vorige niet opheffen, zoo zoude op deze wijze een zeer zamengestelde vorm ontstaan; in tegenstelling met hetgeen men verwachten konde volgens hetgeen in de boven reeds aangehaalde *Exposé* op blz. 25 voorkomt.

De oorzaak hiervan is te zoeken in de vergissing, die WERNER in zijne hier toegepaste methode begaan heeft: waarin hij, zoo als door den Heer Dr. P. H. SCHOUTE is opgemerkt, ongemerkt gedeeltelijke en gewone differentiaalquotienten onderling verwisselt. Wel werd daar de uitkomst eenvoudig, maar zij was onwaar. Ditzelfde zoude ook hier het geval wezen; want bij die verwisseling zoude in de vergelijking (6), in het tweede lid, de vijfde term geheel tegen de tweede zijn weggevallen.

Men zal dus hier niet tot eenvoudiger uitkomsten kunnen geraken, die tot algemeene besluiten zouden kunnen brengen.

5. Men ziet gereedelijk in, dat dezelfde herleiding, die van de vergelijking (3) tot de meer symmetrische (5) voerde, ook op de vergelijking (4) kan worden toegepast. Daartoe moet men in deze vooreerst bij de zes laatste dubbele integralen de herleidingsformule

$$\frac{du}{d\varrho}\int_a^b dv\int_c^d f(\varrho,v,w)\,dw = \frac{d}{d\varrho}\Big[u\int_a^b dv\int_c^d f(\varrho,v,w)\,dw\Big] -$$

$$- u\,\frac{d}{d\varrho}\int_a^b dv\int_c^d f(\varrho,v,w)\,dw \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; (b)$$

invoeren; — ten tweede de uitkomsten, die deze laatste integraal oplevert, uitwerken naar de vergelijking (3); — ten derde de twaalf termen

$$\pm\left[A\frac{dB}{d\varrho}\int_a^b f(\varrho, A, B, v)\,dv + B\frac{dA}{d\varrho}\int_a^b f(\varrho, A, B, v)\,dv\right]$$

vervangen door hunne waarde

$$\pm\left\{\frac{d}{d\varrho}\left[A\,B\int_a^b f(\varrho, A, B, v)\,dv\right] - AB\frac{d}{d\varrho}\int_a^b f(\varrho, A, B, v)\,dv\right\};$$

-- ten vierde de integralen, tengevolge deze laatste integraal ontstaan, naar de vergelijking (1) uitwerken; — en ten vijfde de acht termen

$$\pm\left[AB\frac{dC}{d\varrho}f(\varrho, A,B,C) + AC\frac{dB}{d\varrho}f(\varrho, A,B,C) + BC\frac{dA}{d\varrho}f(\varrho,A,B,C)\right]$$

door hunne waarde

$$\pm\left\{\frac{d}{d\varrho}\left[ABC\,f(\varrho, A, B, C)\right] - ABC\frac{d}{d\varrho}f(\varrho, A, B, C)\right\}$$

vervangen. Op die wijze verkrijgt men ten slotte

$$\frac{d}{d\varrho}\int_r^R dx\int_q^Q dy\int_p^P f(\varrho, x, y, z)\,dz = \int_r^R dx\int_q^Q dy\int_p^P \frac{df(\varrho, x, y, z)}{d\varrho}dz +$$

$$+\frac{d}{d\varrho}\left[P\int_r^R dx\int_q^Q f(\varrho, x, y, P)\,dy - p\int_r^R dx\int_q^Q f(\varrho, x, y, p)\,dy +\right.$$

$$+ Q\int_r^R dx\int_p^P f(\varrho, x, Q, z)\,dz - q\int_r^R dx\int_p^P f(\varrho, x, q, z)\,dz +$$

$$\left.+ R\int_q^Q dy\int_p^P f(\varrho, R, y, z)\,dz - r\int_q^Q dy\int_p^P f(\varrho, r, y, z)\,dz\right] -$$

$$-\left[P\int_r^R dx\int_q^Q \frac{df(\varrho, x, y, P)}{d\varrho}dy - p\int_r^R dx\int_q^Q \frac{df(\varrho, x, y, p)}{d\varrho}dy +\right.$$

$$+ Q\int_r^R dx\int_p^P \frac{df(\varrho, x, Q, z)}{d\varrho}dz - q\int_r^R dx\int_p^P \frac{df(\varrho, r, q, z)}{d\varrho}dz +$$

$$\left.+ R\int_q^Q dy\int_p^P \frac{df(\varrho, R, y, z)}{d\varrho}dz - r\int_q^Q dy\int_p^P \frac{df(\varrho, r, y, z)}{d\varrho}dz\right] -$$

$$
-\frac{d}{d\varrho}\Big[PQ\int_r^R f(\varrho,x,Q,P)\,dx - Pq\int_r^R f(\varrho,x,q,P)\,dx -
$$

$$
- pQ\int_r^R f(\varrho,x,Q,p)\,dx + pq\int_r^R f(\varrho,x,q,p)\,dx +
$$

$$
+ PR\int_q^Q f(\varrho,R,y,P)\,dy - Pr\int_q^Q f(\varrho,r,y,P)\,dy -
$$

$$
- pR\int_q^Q f(\varrho,R,y,p)\,dy + pr\int_q^Q f(\varrho,r,y,p)\,dy +
$$

$$
+ QR\int_p^P f(\varrho,R,Q,z)\,dz - Qr\int_p^P f(\varrho,r,Q,z)\,dz -
$$

$$
- qR\int_p^P f(\varrho,R,q,z)\,dz + qr\int_p^P f(\varrho,r,q,z)\,dz\Big] +
$$

$$
+\Big[PQ\int_r^R \frac{df(\varrho,x,Q,P)}{d\varrho}\,dx - Pq\int_r^R \frac{df(\varrho,x,q,P)}{d\varrho}\,dx -
$$

$$
- pQ\int_r^R \frac{df(\varrho,x,Q,p)}{d\varrho}\,dx + pq\int_r^R \frac{df(\varrho,x,q,p)}{d\varrho}\,dx +
$$

$$
+ PR\int_q^Q \frac{df(\varrho,R,y,P)}{d\varrho}\,dy - Pr\int_q^Q \frac{df(\varrho,r,y,P)}{d\varrho}\,dy -
$$

$$
- pR\int_q^Q \frac{df(\varrho,R,y,p)}{d\varrho}\,dy + pr\int_q^Q \frac{df(\varrho,r,y,p)}{d\varrho}\,dy +
$$

$$
+ QR\int_p^P \frac{df(\varrho,R,Q,z)}{d\varrho}\,dz - Qr\int_p^P \frac{df(\varrho,r,Q,z)}{d\varrho}\,dz -
$$

$$
- qR\int_p^P \frac{df(\varrho,R,q,z)}{d\varrho}\,dz + qr\int_p^P \frac{df(\varrho,r,q,z)}{d\varrho}\,dz\Big] +
$$

$$+\frac{d}{d\varrho}\Big[PQRf(\varrho,R,Q,P)-PQrf(\varrho,r,Q,P)-PqRf(\varrho,R,q,P)+$$

$$+Pqr\,f(\varrho,r,q,P)-pQRf(\varrho,R,Q,p)+pQrf(\varrho,r,Q,p)+$$

$$+pqR\,f(\varrho,R,q,p)-pqr\,f(\varrho,r,q,p)\Big]-$$

$$-\Big[PQR\frac{df(\varrho,R,Q,P)}{d\varrho}-PQr\frac{df(p,r,Q,P)}{d\varrho}-PqR\frac{df(p,R,q,P)}{d\varrho}+$$

$$+Pqr\frac{df(\varrho,r,q,P)}{d\varrho}-pQR\frac{df(\varrho,R,Q,p)}{d\varrho}+pQr\frac{df(\varrho,r,Q,p)}{d\varrho}+$$

$$+pqR\frac{df(\varrho,R,q,p)}{d\varrho}-pqr\frac{df(\varrho,r,q,p)}{d\varrho}\Big]\quad\ldots\ldots\ldots\ldots\quad(8)$$

Maar ook hier kan men niet verder gaan, om dezelfde reden als in N°. 4.

Het eerste gedeelte van het vraagstuk is dus volkomen opgelost: het differentieeren van eene n dubbele integraal ten opzichte van eene standvastige ϱ. Dit geldt echter niet van het tweede gedeelte, waar wij eenvoudige uitdrukkingen zochten voor een hooger differentieeren dierzelfde functie.

BIJDRAGE

TOT DE

THEORIE DER BEPAALDE INTEGRALEN N°. XI.

DOOR

D. BIERENS DE HAAN.

Over het integreeren eener bepaalde dubbele integraal ten opzichte van eene standvastige, die onder het integraalteeken voorkomt.

1. Is het ons in het vorige opstel gelukt tot eene vrij algemeene uitdrukking te komen voor het differentieeren van eene n dubbele bepaalde integraal ten opzichte van eene standvastige grootheid, die niet alleen in de geintegreerde functie, maar ook in de grenzen van de integratien voorkwam, — laat ons thans beproeven in hoeverre wij kunnen slagen, om zulke n dubbele integralen ten opzichte van zulke standvastige grootheid te integreeren.

Herinneren wij ons daartoe eerst de vroeger door mij gevonden formule

$$\int d\varrho \int_r^R f(\varrho, x)\, dx =$$

$$= \int_r^R dx \int f(\varrho, r\, d\varrho - \int \frac{dR}{d\varrho} d\varrho \int f(\varrho, R) d\varrho + \int \frac{dr}{d\varrho} d\varrho \int f(\varrho, r) d\varrho -$$

$$- \int \frac{dR}{d\varrho} d\varrho \int \chi(\varrho, R) \frac{dR}{d\varrho} d\varrho + \int \frac{dr}{d\varrho} d\varrho \int \chi(\varrho, r) \frac{dr}{d\varrho}\, d\varrho\, ; \quad . \;.\; . \quad (1)$$

waar $$\chi(\varrho, y) = \frac{\partial}{\partial y} \int f(\varrho, y)\, d\varrho; \; . \; . \; . \; . \; . \; (1^a) \quad ^{*)}$$

en de wijze, waarop zij werd afgeleid; dan moeten wij hier onze toevlucht nemen tot de vergelijking (3) van het vorige opstel, nadat daarin de f door eene φ is vervangen,

$$\frac{d}{d\varrho} \int_r^R dx \int_q^Q \varphi(\varrho, x, y)\, dy =$$

$$= \int_r^R dx \int_q^Q \frac{d\varphi(\varrho,x,y)}{d\varrho} dy + \frac{dQ}{d\varrho} \int_r^R \varphi(\varrho,x,Q) dx - \frac{dq}{d\varrho} \int_r^R \varphi(\varrho, x, q) dx +$$

$$+ \frac{dR}{d\varrho} \int_q^Q \varphi(\varrho, R, y)\, dy - \frac{dr}{d\varrho} \int_q^Q \varphi(\varrho, r, y)\, dy.$$

2. Om nu ons doel te bereiken moeten wij deze vergelijking ten opzichte van ϱ integreeren, waardoor men verkrijgt

$$\int_r^R dx \int_q^Q \varphi(\varrho, x, y)\, dy = \int d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q \frac{d\varphi(\varrho, x, y)}{d\varrho} dy +$$

$$+ \int \frac{dQ}{d\varrho} d\varrho \int_r^R \varphi(\varrho, x, Q)\, dx - \int \frac{dq}{d\varrho} d\varrho \int_r^R \varphi(\varrho, x, q)\, dx +$$

$$+ \int \frac{dR}{d\varrho} d\varrho \int_q^Q \varphi(\varrho, R, y)\, dy - \int \frac{dr}{d\varrho} d\varrho \int_q^Q \varphi(\varrho, r, y)\, dy; . \; (a)$$

en hierin geeft de eerste term van het tweede lid juist hetgeen wij zoeken. Maar de geintegreerde functie komt hier voor onder den vorm van een differentiaalquotient, in plaats van onder dien eener gewone functie: en de ϱ, x, y, waarvan zij eene functie is, komen in de volgende termen ook zoo voor, dat zij van ϱ afhangen. Om dus deze gevallen te gelijk op te

*) Omtrent de afleiding dezer vergelijking kan men nazien het Exposé de la théorie etc. des intégrales définies. Partie I, § 5, N°. 37, *Verhandel.* Dl. VIII, blz. 28.

nemen, — dat is de bijzondere gevallen niet uit te sluiten, dat r en y functien zijn van die standvastige, — stelle men algemeen

$$\frac{d\varphi(\varrho, z, v)}{d\varrho} = f(\varrho, z, v) + \chi_1(\varrho, z, v)\frac{dz}{d\varrho} + \chi_2(\varrho, z, v)\frac{dv}{d\varrho} \quad . \quad . \quad . \quad (b)$$

Alsdan volgt daaruit voor de bijzondere gevallen in vergelijking (a)

voor $z = x$, en $v = y$: $\dfrac{d\varphi(\varrho, x, y)}{d\varrho} = f(\varrho, x, y)$,

voor $z = R$, en $v = y$: $\dfrac{d\varphi(\varrho, R, y)}{d\varrho} = f(\varrho, R, y) + \chi_1(\varrho, R, y)\dfrac{dR}{d\varrho}$

voor $z = r$, en $v = y$: $\dfrac{d\varphi(\varrho, r, y)}{d\varrho} = f(\varrho, r, y) + \chi_1(\varrho, r, y)\dfrac{dr}{d\varrho}$

voor $z = x$, en $v = Q$: $\dfrac{d\varphi(\varrho, x, Q)}{d\varrho} = f(\varrho, x, Q) + \chi_2(\varrho, x, Q)\dfrac{dQ}{d\varrho}$,

voor $z = x$, en $v = q$: $\dfrac{d\varphi(\varrho, x, q)}{d\varrho} = f(\varrho, x, q) + \chi_2(\varrho, x, q)\dfrac{dq}{d\varrho}$;

waaruit $\varphi(\varrho, x, y) = \int f(\varrho, x, y)\, d\varrho$,

$$\varphi(\varrho, R, y) = \int f(\varrho, R, y)\, d\varrho + \int \chi_1(\varrho, R, y)\frac{dR}{d\varrho}\, d\varrho,$$

$$\varphi(\varrho, r, y) = \int f(\varrho, r, y)\, d\varrho + \int \chi_1(\varrho, r, y)\frac{dr}{d\varrho}\, d\varrho,$$

$$\varphi(\varrho, x, Q) = \int f(\varrho, x, Q)\, d\varrho + \int \chi_2(\varrho, x, Q)\frac{dQ}{d\varrho}\, d\varrho,$$

$$\varphi(\varrho, x, q) = \int f(\varrho, x, q)\, d\varrho + \int \chi_2(\varrho, x, q)\frac{dq}{d\varrho}\, d\varrho.$$

Voert men nu deze waarden in de bovenstaande vergelijking (a) in, dan kan men daaruit den eersten term van het tweede lid oplossen, en verkrijgt alzoo

$$\int d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q f(\varrho,x,y)\,dy = \int_r^R dx \int_q^Q dy \int f(\varrho,x,y)\,d\varrho -$$

$$-\Big[\int \frac{dQ}{d\varrho}\,d\varrho \int_r^R dx \int f(\varrho,x,Q)\,d\varrho - \int \frac{dq}{d\varrho}\,d\varrho \int_r^R dx \int f(\varrho,x,q)\,d\varrho +$$

$$+\int \frac{dR}{d\varrho}\,d\varrho \int_q^Q dy \int f(\varrho,R,y)\,d\varrho - \int \frac{dr}{d\varrho}\,d\varrho \int_q^Q dy \int f(\varrho,r,y)\,d\varrho\Big] -$$

$$-\Big[\int \frac{dQ}{d\varrho}\,d\varrho \int_r^R dx \int \chi_2(\varrho,x,Q)\frac{dQ}{d\varrho}\,d\varrho - \int \frac{dq}{d\varrho}\,d\varrho \int_r^R dx \int \chi_2(\varrho,x,q)\frac{dq}{d\varrho}\,d\varrho +$$

$$+\int \frac{dR}{d\varrho}\,d\varrho \int_q^Q dy \int \chi_1(\varrho,R,y)\frac{dR}{d\varrho}\,d\varrho - \int \frac{dr}{d\varrho}\,d\varrho \int_q^Q dy \int \chi_1(\varrho,r,y)\frac{dr}{d\varrho}\,d\varrho\Big]; . (2)$$

waarin nu, naar de voorafgaande bepalingen, is

$$\int f(\varrho,z,v)\,d\varrho = \varphi(\varrho,z,v),$$

$$\left.\begin{aligned} \chi_1(\varrho,z,v) &= \frac{\partial\,\varphi(\varrho,z,v)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z}\int f(\varrho,z,v)d\varrho, \\ \chi_2(\varrho,z,v) &= \frac{\partial\,\varphi(\varrho,z,v)}{\partial v} = \frac{\partial}{\partial v}\int f(\varrho,z,v)d\varrho, \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (2_a)$$

3. De vorm van deze uitkomst leert ons tevens dat het niet mogelijk is, om den weg te behandelen, die ons in het vorige opstel tot ons doel bracht; om namelijk uit den regel voor eene vorige enkele bepaalde integraal (hier vergelijking (1)) dien voor eene dubbele bepaalde integraal (hier vergelijking (2)) af te leiden. Beproeft men dit, door in de eerste vergelijking $f(\varrho, x)$ te vervangen door $\int_q^Q f(\varrho, x, y)\,dy$, even als in het vorig opstel, dan ontwaart men spoedig, dat de moeijelijkheid hier schuilt in de noodzakelijkheid van de invoeren van de gedeeltelijke differentiaalquotienten χ_1 en χ_2.

Het zal dan ook in het vervolg noodzakelijk wezen, om iedere verdere formule voor het integreeren ten opzichte van eene standvastige, afteleiden uit de overeenkomstige formule voor het differentieeren naar die standvastige; zonder dat daarbij

de reeds verkregen uitkomsten voor de eerste bewerking van eenigen grooten dienst kunnen zijn.

Ten einde dus eene driedubbele bepaalde integraal te integreeren naar eene standvastige, die ook in de grenzen der integratie voorkomt, neme men weder uit het vorige opstel de vergelijking (b) over, vervange de f door φ, en voere de integratie uit, dan is

$$\int_r^R dx \int_q^Q dy \int_p^P \varphi(\varrho, x, y, z)\, dz = \int d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q dy \int_p^P \frac{d\varphi(\varrho, x, y, z)}{d\varrho}\, dz +$$

$$+ \int \frac{dP}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q f(\varrho, x, y, P)\, dy - \int \frac{dp}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q f(\varrho, x, y, p)\, dy +$$

$$+ \int \frac{dQ}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int_p^P \varphi(\varrho, x, Q, z)\, dz - \int \frac{dq}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int_p^P \varphi(\varrho, x, q, z)\, dz +$$

$$+ \int \frac{dR}{d\varrho} d\varrho \int_q^Q dy \int_p^P \varphi(\varrho, R, y, z)\, dz - \int \frac{dr}{d\varrho} d\varrho \int_q^Q dy \int_p^P \varphi(\varrho, r, y, z)\, dz \,. \quad (c)$$

Hetgeen wij zoeken, vinden wij wederom in den eersten term van het tweede lid; maar dan moet daarin de geintegreerde functie niet meer als een differentiaalquotient voorkomen. Zoo als die gedifferentieerde functie hier in deze formule voorkomt, ook bij de later volgende termen, worden de x, y, z vervangen door grootheden, die functien zijn van ϱ: men moet dus deze gevallen tevens opnemen, dat is de mogelijkheid openlaten, dat de x, y, z in $\varphi(\varrho, x, y, z)$ ook functien zijn van die standvastige. Daartoe stelle men algemeen

$$\frac{d\varphi(\varrho, u, v, w)}{d\varrho} = f(\varrho, u, v, w) + \chi_1(\varrho, u, v, w)\frac{du}{d\varrho} +$$

$$+ \chi_2(\varrho, u, v, w)\frac{dv}{d\varrho} + \chi_3(\varrho, u, v, w)\frac{dw}{d\varrho} \,. \quad (d)$$

En hieruit volgt voor de bijzondere gevallen in de vorige vergelijking,

voor

$$u=x,\ v=y,\ \text{en}\ r=z:\ \frac{d\varphi(\varrho,x,y,z)}{d\varrho}=f(\varrho,x,y,z),$$

$$u=R, v=y,\ \text{en}\ r=z:\ \frac{d\varphi(\varrho,R,y,z)}{d\varrho}=f(\varrho,R,y,z)+\chi_1(\varrho,R,y,z)\frac{dR}{d\varrho},$$

$$u=r,\ v=y,\ \text{en}\ r=z:\ \frac{d\varphi(\varrho,r,y,z)}{d\varrho}=f(\varrho,r,y,z)+\chi_1(\varrho,r,y,z)\frac{dr}{d\varrho},$$

$$u=x, v=Q,\ \text{en}\ r=z:\ \frac{d\varphi(\varrho,x,Q,z)}{d\varrho}=f(\varrho,x,Q,z)+\chi_2(\varrho,x,Q,z)\frac{dQ}{d\varrho},$$

$$u=x,\ v=q,\ \text{en}\ r=z:\ \frac{d\varphi(\varrho,x,q,z)}{d\varrho}=f(\varrho,x,q,z)+\chi_2(\varrho,x,q,z)\frac{dq}{d\varrho},$$

$$u=x,\ v=y,\ \text{en}\ r=P:\ \frac{d\varphi(\varrho,x,y,P)}{d\varrho}=f(\varrho,x,y,P)+\chi_3(\varrho,x,y,P)\frac{dP}{d\varrho},$$

$$u=x,\ v=y,\ \text{en}\ r=p:\ \frac{d\varphi(\varrho,x,y,p)}{d\varrho}=f(\varrho,x,y,p)+\chi_3(\varrho,x,y,p)\frac{dp}{d\varrho};$$

waaruit

$$\varphi(\varrho,x,y,z)=\int f(\varrho,x,y,z)\,d\varrho,$$

$$\varphi(\varrho,R,y,z)=\int f(\varrho,R,y,z)\,d\varrho+\int\chi_1(\varrho,R,y,z)\frac{dR}{d\varrho}\,d\varrho,$$

$$\varphi(\varrho,r,y,z)=\int f(\varrho,r,y,z)\,d\varrho+\int\chi_1(\varrho,r,y,z)\frac{dr}{d\varrho}\,d\varrho,$$

$$\varphi(\varrho,x,Q,z)=\int f(\varrho,x,Q,z)\,d\varrho+\int\chi_2(\varrho,x,Q,z)\frac{dQ}{d\varrho}\,d\varrho,$$

$$\varphi(\varrho,x,q,z)=\int f(\varrho,x,q,z)\,d\varrho+\int\chi_2(\varrho,x,q,z)\frac{dq}{d\varrho}\,d\varrho,$$

$$\varphi(\varrho,x,y,P)=\int f(\varrho,x,y,P)\,d\varrho+\int\chi_3(\varrho,x,y,P)\frac{dP}{d\varrho}\,d\varrho$$

$$\varphi(\varrho,x,y,p)=\int f(\varrho,x,y,p)\,d\varrho+\int\chi_3(\varrho,x,y,p)\frac{dp}{d\varrho}\,d\varrho.$$

Hierdoor is men in staat om den eersten term in het tweede lid van de voorgaande vergelijking (c) op te lossen, en wel in

den verlangden vorm, in overeenkomst met de vorige uitkomsten: men verkrijgt daarvoor, als men de gelijksoortige termen bijeenvoegt, even als dit reeds in de vergelijkingen (1) en (2) is gedaan,

$$\int d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q dy \int_p^P f(\varrho, x, y, z)\, dz = \int_r^R dx \int_q^Q dy \int_p^P dz \int f(\varrho, x, y, z)\, d\varrho\, -$$

$$-\Big[\int \frac{dP}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q dy \int f(\varrho, x, y, P)\, d\varrho - \int \frac{dp}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q dy \int f(\varrho, x, y, p)\, d\varrho\, +$$

$$+\int \frac{dQ}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int_p^P dz \int f(\varrho, x, Q, z)\, d\varrho - \int \frac{dq}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int_p^P dz \int f(\varrho, x, q, z)\, d\varrho\, +$$

$$+\int \frac{dR}{d\varrho} d\varrho \int_q^Q dy \int_p^P dz \int f(\varrho, R, y, z)\, d\varrho - \int \frac{dr}{d\varrho} d\varrho \int_q^Q dy \int_p^P dz \int f(\varrho, r, y, z)\, d\varrho\Big]\, -$$

$$-\Big[\int \frac{dP}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q dy \int \chi_3(\varrho, x, y, P) \frac{dP}{d\varrho} d\varrho\, -$$

$$-\int \frac{dp}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q dy \int \chi_3(\varrho, x, y, p) \frac{dp}{d\varrho} d\varrho\, +$$

$$+\int \frac{dQ}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int_p^P dz \int \chi_2(\varrho, x, Q, z) \frac{dQ}{d\varrho} d\varrho\, -$$

$$-\int \frac{dq}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int_p^P dz \int \chi_2(\varrho, x, q, z) \frac{dq}{d\varrho} d\varrho\, +$$

$$+\int \frac{dR}{d\varrho} d\varrho \int_q^Q dy \int_p^P dz \int \chi_1(\varrho, R, y, z) \frac{dR}{d\varrho} d\varrho\, -$$

$$-\int \frac{dr}{d\varrho} d\varrho \int_q^Q dy \int_p^P dz \int \chi_1(\varrho, r, y, z) \frac{dr}{d\varrho} d\varrho\Big]; \quad (3)$$

waarin, naar de voorafgaande bepalingen,

$$\left.\begin{aligned}
&\int f(\varrho,u,v,w)\,d\varrho = \varphi(\varrho,u,v,w),\\
&\chi_1(\varrho,u,v,w) = \frac{\partial\varphi(\varrho,u,v,w)}{\partial u} = \frac{\partial}{\partial u}\int f(\varrho,u,v,w)\,d\varrho,\\
&\chi_2(\varrho,u,v,w) = \frac{\partial\varphi(\varrho,u,v,w)}{\partial v} = \frac{\partial}{\partial v}\int f(\varrho,u,v,w)\,d\varrho,\\
&\chi_3(\varrho,u,v,w) = \frac{\partial\varphi(\varrho,u,v,w)}{\partial w} = \frac{\partial}{\partial w}\int f(\varrho,u,v,w)\,d\varrho.
\end{aligned}\right\}.(3^a)$$

4. Uit de onderlinge vergelijking van deze drie uitkomsten (1), (2) en (3) kan men nu gemakkelijk den regel opmaken, volgens welke men eene n dubbele integraal ten opzichte van eene standvastige grootheid kan integreeren, die zoowel in de geintegreerde functie, als in de grenzen der verschillende integratien voorkomt.

Daartoe ga men dus te werk.

1°. Men vervange onder de n integratien de geintegreerde functie door hare integraal ten opzichte van de genoemde standvastige.

2°. Men vorme een 2 n-tal van $n - 1$ dubbele integralen, door telkens eene integratie wegtelaten; men vervange in de geintegreerde functie de vervallen veranderlijke door hare beide grenzen en integreer haar eerst ten opzichte van de standvastige: de n dubbele integraal, die men alzoo verkrijgt, vermenigvuldige men met het differentiaalquotient der ingevoerde grens ten opzichte van de standvastige, en integreere dit produkt nog eens ten opzichte dier standvastige. De uitkomst dier herleiding voor de onderste grens trekke men af van die voor de bovenste grens. De som dier n verschillen neme men eindelijk negatief.

3°. In elke integraal, die men naar 2° verkregen heeft, vervange men voorts de geintegreerde functie, zooals zij daar voorkomt, door het produkt van het differentiaalquotient der ingevoerde grens ten opzichte van de standvastige met eene nieuwe functie, die men op de volgende wijze verkrijgt. Men integreere de oorspronkelijke functie ten opzichte van de standvastige, en neme van die integraal het gedeeltelijke differentiaalquotient ten

opzichte van dezelfde grens, die men daarboven had ingevoerd. Het eindteeken van de verzameling dier $2n$ integralen blijft negatief, even als in 2°.

Op die wijze bestaat het tweede lid uit eenen vorm van $1 + 2n + 2n = 4n + 1$ integralen, die, als men de integratie ten opzichte van de standvastige mederekent, alle $n + 1$ dubbele zijn.

5. Nog eenige opmerkingen omtrent hetgeen hierboven gevonden werd.

1°. Bij al deze uitkomsten is de willekeurige standvastige van het integreeren in het geheel niet besproken; dit behoefde ook niet, omdat de integratien ten opzichte der vroeger genoemde standvastige alle onbepaalde zijn; en dus die willekeurige standvastige der integratie in de integralen opgenomen gedacht kan worden. Maar bovendien, ook wanneer die integratien bepaald worden, bijv. van 0 tot ϱ, zal men dadelijk zien, dat er alsdan geene willekeurige standvastige bijtevoegen is: dit blijkt bijv. lichtelijk door de grenzen van het integreeren ten opzichte van dezelfde veranderlijke gelijk te nemen.

2°. Wanneer eenige der grenzen van het integreeren niet van de standvastige ϱ afhangt, dan wordt haar differentiaalquotient ten opzichte van die standvastige nul, en de overeenkomstige termen, die dit tot coefficient hebben, verdwijnen derhalve uit de vergelijking.

3°. Wanneer de geintegreerde functie niet van de voornoemde standvastige afhangt, zoo moet in den eersten term van het tweede lid deze functie vooreerst ten opzichte van die standvastige worden geintegreerd; hierdoor ontstaat thans het produkt van die functie met die standvastige. Deze laatste komt dus als factor van de n dubbele integraal daarvoor te staan; de eerste, de functie zelve, moet nog aan de verschillende opvolgende integratien onderworpen worden.

6. Uit hetgeen in het begin van N°. 3 werd opgemaakt, kan men gereedelijk het besluit trekken, dat de aanleiding, die er in het vorige opstel bestond, om in het algemeen hoogere differentiaalquotienten ten opzichte van onze standvastige te zoeken, hier bij de integratie geheel ontbreekt. En zelfs wanneer men zich bijv. wendt tot de vergelijking (2) van dat opstel, blijkt het, dat men wel de vergelijking (1) in geheel anderen, meer

omslachtigen vorm kan brengen, maar dat ook alzoo het hier genoemde doel niet kan worden bereikt.

Daarentegen zal de derde aanmerking, in het vorige N°. 5, ons stof geven tot eene nieuwe herleiding.

In dat geval toch worden bij eene bepaalde dubbele integraal de vergelijkingen (2) in N°. 2 hier

$$\int f(x,y)\, d\varrho = \varrho f(x,y),$$

$$\chi_1 (x,y) = \frac{\partial}{\partial x} . \varrho f(x,y) = \varrho \frac{df(x,y)}{dx},$$

$$\chi_2 (x,y) = \frac{\partial}{\partial y} . \varrho f(x,y) = \varrho \frac{df(x,y)}{dy};$$

zoodat de gedeeltelijke differentiaalquotienten in gewone overgaan. En hierdoor is het mogelijk geworden, de termen, die het laatste gedeelte van de vergelijking (2) tusschen de vierkante haakjes vormen, te herleiden door middel van het integreeren bij gedeelten: men heeft toch hier

$$\int \chi_2 (\varrho, x, Q) \frac{dQ}{d\varrho} d\varrho = \int \varrho \frac{df(x, Q)}{dQ} \frac{dQ}{d\varrho} d\varrho =$$

$$= \int \varrho\, d_\varrho f(x, Q)\, d\varrho = \varrho f(x, Q) - \int f(x, Q)\, d\varrho,$$

dus

$$\int \frac{dQ}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int \chi_2 (\varrho, x, Q) \frac{dQ}{d\varrho} d\varrho =$$

$$= \int \frac{dQ}{d\varrho} \varrho\, d\varrho \int_r^R f(x, Q)\, dx - \int \frac{dQ}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int f(x, Q)\, d\varrho;$$

evenzoo

$$\int \frac{dq}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int \chi_2 (\varrho, x, q) \frac{dq}{d\varrho} d\varrho =$$

$$= \int \frac{dq}{d\varrho} \varrho\, d\varrho \int_r^R f(x,q)\, dx - \int \frac{dq}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int f(x,q)\, d\varrho.$$

Verder is

$$\int \chi_1(\varrho, R, y)\frac{dR}{d\varrho}\,d\varrho = \int \varrho\,\frac{df(R,y)}{dR}\,\frac{dR}{d\varrho}\,d\varrho =$$

$$= \int \varrho\, d_\varrho f(R,y)\,d\varrho = \varrho f(R,y) - \int f(R,y)\,d\varrho\,,$$

dus

$$\int \frac{dR}{d\varrho}\,d\varrho \int_q^Q dy \int \chi_1(\varrho, R, y)\frac{dR}{d\varrho}\,d\varrho =$$

$$= \int \frac{dR}{d\varrho}\,\varrho\,d\varrho \int_q^Q f(R,y)\,dy - \int \frac{dR}{d\varrho}\,d\varrho \int_q^Q dy \int f(R,y)d\varrho\,;$$

en evenzoo

$$\int \frac{dr}{d\varrho}\,d\varrho \int_q^Q dy \int \chi_1(\varrho, r, y)\frac{dr}{d\varrho}\,d\varrho =$$

$$= \int \frac{dr}{d\varrho}\,\varrho\,d\varrho \int_q^Q f(\varrho,y)\,dy - \int \frac{dr}{d\varrho}\,d\varrho \int_q^Q dy \int f(r,y)\,d\varrho.$$

Wanneer men deze uitkomsten in de vergelijking (2) invoert, en er op let, dat elke laatste term van deze vier laatste herleidingen juist den overeenkomstigen term vernietigt in het tweede gedeelte tusschen vierkante haakjes van het tweede lid der vergelijking (2); zoo komt er hier, veel eenvoudiger dan boven,

$$\int d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q f(x,y)\,dy =$$

$$= \varrho \int_r^R dx \int_q^Q f(x,y)dy - \Big[\int \frac{dQ}{d\varrho}\,\varrho d\varrho \int_r^R f(x,Q)dx - \int \frac{dq}{d\varrho}\,\varrho d\varrho \int_r^R f(x,q)dx +$$

$$+ \int \frac{dR}{d\varrho}\,\varrho\,d\varrho \int_q^Q f(R,y)\,dy - \int \frac{dr}{d\varrho}\,\varrho\,d\varrho \int_q^Q f(\varrho,y)\,dy\Big] \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

7. Voert men dezelfde onderstelling omtrent de geintegreerde functie in bij de vergelijking (3), zoo heeft men vooreerst

$$\int f(x,y,z)d\varrho = \varrho f(x,y,z), \quad \chi_1(x,y,z) = \varrho \frac{df(x,y,z)}{dx},$$

$$\chi_2(x,y,z) = \varrho \frac{df(x,y,z)}{dy}, \; \chi_3(x,y,z) = \varrho \frac{df(x,y,z)}{dz};$$

zoodat men ook hier in plaats van gedeeltelijke differentiaal-quotienten gewone verkrijgt. Vervolgens wordt bijv.

$$\int \chi_3(\varrho,x,y,P)\frac{dP}{d\varrho}d\varrho = \int \varrho \frac{df(x,y,P)}{dP}\frac{dP}{d\varrho}d\varrho =$$

$$= \int \varrho\, d_\rho f(x,y,P)\, d\varrho = \varrho f(x,y,P) - \int f(x,y,P)\, d\varrho,$$

en dus

$$\int \frac{dP}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q dy \int \chi_3(\varrho,x,y,P)\frac{dP}{d\varrho}d\varrho =$$

$$= \int \frac{dP}{d\varrho}\varrho\, d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q f(x,y,P)\, dy - \int \frac{dP}{d\varrho} d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q dy \int f(x,y,P) d\varrho.$$

Wanneer men dan uit het tweede en derde gedeelte tusschen vierkante haakjes in het tweede lid van de vergelijking (3) telkens de overeenkomstige termen bijeenvoegt, bijv. hier de beide eerste, zoo verdwijnt de eerste dier vierdubbele integralen juist tegen den laatsten term in de voorgaande herleidingsformule en men houdt slechts den eersten term dier formule over. Op die wijze verkrijgt dan hier de vergelijking (3) den veel vereenvoudigden vorm

$$\int d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q dy \int_p^P f(x,y,z)\, dz = \varrho \int_r^R dx \int_q^Q dy \int_p^P f(x,y,z)\, dz -$$

$$- \left[\int \frac{dP}{d\varrho}\varrho\, d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q f(x,y,P)\, dy - \int \frac{dp}{d\varrho}\varrho d\varrho \int_r^R dx \int_q^Q f(x,y,p) dy + \right.$$

$$+ \int \frac{dQ}{d}\varrho\, d\varrho \int_r^R dx \int_p^P f(x,Q,z)\, dz - \int \frac{dq}{d\varrho}\varrho\, d\varrho \int_r^R dx \int_p^P f(x,y,z)\, dz +$$

$$\left. + \int \frac{dR}{d\varrho}\varrho d\varrho \int_q^Q dy \int_p^P f(R,y,z) dz - \int \frac{dr}{d\varrho}\varrho\, d\varrho \int_q^Q dy \int_p^P f(r,y,z) dz \right]. \quad (5)$$

8. En nu is men verder in staat, om de uitkomst van het integreeren naar eene standvastige te bepalen, bij eene n dubbele integraal, wanneer de geintegreerde functie niet afhangt van die veranderlijke, de grenzen daarentegen daarvan wel afhankelijk zijn. Daartoe handele men aldus.

Van het produkt der n dubbele integraal met de standvastige grootheid trekke men af de n verschillen tusschen n dubbele integralen, die men op de volgende wijze verkrijgt. Men vorme $n-1$ dubbele integralen, door telkens eene der integratien wegtelaten, en in de geintegreerde functien die weggevallen veranderlijke te vervangen door hare bovenste en hare onderste grens. Van zulke integraal, de voornoemde standvastige en het differentiaalquotient der ingevoerde grens ten opzichte dier standvastige vorme men een produkt, en integreere dit ten opzichte van dezelfde standvastige. De uitkomst voor de bovenste grens vermindere men met die voor de onderste grens; deze verschillen zijn de bedoelde.

RAPPORT.

BETREFFENDE DE ZON-ECLIPS VAN 12 DECEMBER 1871.

UITGEBRAGT IN DE GEW. VERG. VAN 25 JUNIJ 1870.

De Commissie, waaraan de natuurkundige afdeeling der Academie heeft opgedragen haar voort te lichten, betreffende het voorstel van den Heer J. A. C. OUDEMANS, om de waarneming der totale zon-eclips van 12 Dec. 1871, in tijds en behoorlijk voor te bereiden, heeft de eer bij dezen aan haar mandaat te voldoen

Bij de totale eclips van 18 Aug. 1868, eveneens in onze O. I. Koloniën zigtbaar, was het hoofdprobleem, dat men zich voorstelde op te lossen, de natuur der protuberancen te leeren kennen. Daartoe konden voornamelijk twee nieuwe hulpmiddelen, die de physica aan de hand gaf, worden aangewend, te weten: de photographie en de spectraal-analyse. De Kon. Academie heeft toen bij de Ned. Regering aangedrongen op het zenden eener expeditie, die bij voorkeur met deze hulpmiddelen zou trachten de oplossing van dat probleem te leveren. Haar pogen heeft geen gevolg gehad, doch andere natiën hebben in de leemte voorzien. Door verschillende sterrekundigen is dan ook met behulp van spectraal-apparaten de gasvormige natuur der protuberancen herkend. Terstond daarop heeft de fransche natuurkundige JANSEN eene methode ontworpen, om ook buiten den tijd eener zoneclips, den vorm der protuberancen door eene reeks van metingen te bepalen. Doch die meer omslagtige handelwijze is weldra vervangen geworden door de voortreffelijke methode van den duitschen sterrekundige ZÜLLNER, welke ons veroorlooft *ten allen tijde* de protuberancen te zien, te teekenen, te meten en welligt ook te photographeeren, alsmede de snelle veranderingen, waaraan zij onderworpen zijn, te onderzoeken,

veel beter dan gedurende eene altijd kortstondige zoneclips geschieden kan. In dat opzigt dus heeft de Academie geen maatregelen te nemen: Expeditiën met dat doel zijn voortaan overbodig.

Er blijft intusschen een ander verschijnsel over, dat zich bij voorkeur bij de totale zoneclipsen laat bestudeeren, de corona, waarvan het grondig onderzoek nu aan de beurt ligt.

Uwe Commissie meent, dat hier van photographische afbeeldingen niet veel te verwachten is, omdat het lichtverschijnsel zwak is en zich op de platen langzaam teekent, terwijl het zeer snelle veranderingen schijnt te vertoonen. Zij zou daarom aanraden voor het onderzoek van dat verschijnsel spectraal-apparaten en polariscopen te bezigen. Zij geeft u derhalve in overweging, of het niet wenschelijk zou zijn, dat aan den Heer OUDEMANS doelmatige instrumenten van dien aard bij tijds worden gezonden Uwe Commissie rekent, dat voor de aanschaffing van genoemde werktuigen en van een nog vereischten zoeker eene som van *f* 1000 voldoende zou zijn Den Heer Minister van Binnenlandsche zaken ware te verzoeken, dat hij zijnen ambtgenoot van Koloniën een daartoe strekkend voorstel geliefde te doen.

Amsterdam 25 Junij 1870.

(*was get.*) M. HOEK.
J. BOSSCHA, Jr.
V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

DE WERKING VAN DEN CONSTANTEN STROOM
OP DEN NERVUS VAGUS,

DOOR

F. C. DONDERS.

Bij het onderzoek, waarover ik hier wensch te handelen, had ik veeleer op het oog de werking na te gaan van den constanten stroom op de levende zenuw, dan die van den n. vagus op de contractie van het hart. Omtrent den *aard* van laatstgenoemde werking was van een dergelijk onderzoek weinig opheldering te wachten, en, wat de *verschijnselen* betreft, ze zijn bij prikkeling met één inductieslag zoo nauwkeurig vastgesteld, dat het mij zelfs gelukte, als tegenhanger van de „Zuckungscurve" der spier, eene kromme van het vertragingsproces daaruit te construeeren *). Meer kan men waarlijk niet verlangen.

Deze kromme nu vertegenwoordigt de eenheid van werking, die bij ieder meer samengesteld vertragingsproces ons in staat stelt, tot de correspondeerende zenuwwerking te besluiten. Aan de eerste voorwaarde, om het onderzoek naar de werking van den constanten stroom op den n. vagus toe te passen, is hiermede dus voldaan. Verder zijn daartoe de omstandigheden hier ook alleszins gunstig. De zenuw is gemakkelijk te isoleeren; zij kan zonder direct nadeel voor het dier worden doorgesneden en behoudt lang hare prikkelbaarheid; rechter- en linkerzenuw kunnen óf afzonderlijk óf gelijktijdig, zoo noodig in eene daartoe bijzonder ingerichte zoogenoemde vochtige kamer, op de

*) *Onderzoekingen, gedaan in het physiologisch laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool.* D. II, blz. 304.

electroden worden gebracht, en zonder eenige beleediging laat het peripherisch orgaan, het hart, zijne werking, te gelijk met den prikkel en met een chronoscopische lijn, op het kymographion registreeren: zoodoende kan, in verband met het oogenblik en de kracht van den prikkel, het geheele proces, de intensiteit zoowel als de duur, in cijfers worden uitgeteld. Bovendien schijnt aan het eigenaardige der werking een voordeel te zijn verbonden. Spoediger en regelmatiger toch kan een invloed zich niet openbaren dan in het belemmeren eener werking. Waar beweging moet worden opgewekt, zijn bijzondere weerstanden denkbaar, die haar beletten terstond aan den werkzamen invloed te gehoorzamen: zoodanige weerstanden vallen weg, waar een invloed zich onmiddellijk kant tegen een bestaande beweging. Men heeft dus recht van proeven op den n. vagus scherpe uitkomsten te verwachten. Eindelijk, ontleenen die proeven een bijzondere waarde dááraan, dat zij op warmbloedige dieren kunnen worden verricht, bij welke het onderzoek naar de werking van den constanten stroom, toegepast op andere zenuwen, vele bezwaren ontmoet.

I. GESCHIEDKUNDIG OVERZICHT.

De zoo lang verborgen galvanische kracht openbaarde zich het eerst in de physiologische werking van den constanten stroom. GALVANI zocht den grond dier werking in de levende weefsels zelve. VOLTA leerde in het contact der metalen de voorwaarden kennen van den stroom. Maar ook nu bleef de zenuw- en spiervezel het gevoeligste reagens. Bij de onderzoekingen omtrent het galvanisme moesten dus ook al aanstonds verschillende feiten betreffende de werking van den constanten stroom op die weefsels aan het licht treden. Zoo werd door PHAFF gevonden, dat niet slechts bij het sluiten, maar dat ook bij het openen der keten een contractie (die Trennungszuckung) kan ontstaan. Zoo leerde hij verder, bij gelijktijdig doorstroomde spier en zenuw, eene van de richting van den stroom afhankelijke tegenstelling kennen in de werking der sluitings en openings-contractie. Zoo leverde VOLTA zelf het bewijs, dat, ook wanneer de stroom uitsluitend

tot de zenuw beperkt wordt, de richting van dien stroom voor zijne physiologische werking beslissend is. Toen, 25 jaren later, DU BOIS-REYMOND *) de geschiedenis der dierlijke electriciteit te boek stelde, kon hij bij het vermelden der talrijke onderzoekingen, ondernomen met het bepaalde doel, om de physiologische werking van den constanten stroom uit te vorschen, met bewondering wijzen op de volharding en zelfopoffering van eenen RITTER en op de echt wetenschappelijke methode van eenen NOBILI. Maar de wetten, die het effect van prikkeling door den constanten stroom onder verschillende omstandigheden bepalen, daaruit af te leiden, — dat vermocht hij niet: het zoogenoemde „Zuckungsgesetz" ging mank aan ongemotiveerde omkeering en uitzonderingen zonder eind, en van de wisselvalligheid der verschijnselen was geenerlei rekenschap te geven.

De beteekenis van het onderzoek vatte DU BOIS-REYMOND hoog genoeg op. Hij stelde zich niets minder voor, dan met de kennis der veranderingen, door den constanten stroom in de zenuw voortgebracht, in den aard der zenuwwerking zelve dieper door te dringen. In één opzicht onderwierp hij die veranderingen aan een nauwgezet onderzoek. Met de fijnste hulpmiddelen bepaalde hij de intensiteitsveranderingen, waaraan, onder den invloed van een door een deel eener zenuw gevoerden constanten stroom, de van andere deelen dier zenuw afgeleide stroomen zijn onderworpen, en kwam tot het resultaat, dat, wanneer door een gedeelte van de lengte eener zenuw een constante stroom wordt gevoerd, de geheele zenuw, ook extrapolair, dat is buiten het tusschen de electroden bevatte stuk, in een toestand overgaat, alsof door de geheele zenuw, buiten en behalve den oorspronkelijk inhaerenten, een nieuwe stroom vloeide van gelijke richting als de constante stroom tusschen de electroden. Zoo werd DU BOIS-REYMOND de ontdekker van den electrotonus, het zwaartepunt zijner theorie der zenuwwerking. Verband nu moest er bestaan tusschen die veranderingen in den electro-motorischen toestand der zenuw en de bij opening en sluiting volgende contractie, — dit was voor hem aan geen twijfel onderhevig. Maar een tal van omstandigheden, van verschil in richting en sterkte van den stroom, verschil in prik-

---

*) *Untersuchungen über thierische Electricität.* B. I.

kelbaarheid der zenuw, meer of minder gevorderde secundaire veranderingen, voorafgegane prikkeling, enz., deed zijn invloed op de ingewikkeldste wijze gelden, en uit den chaos van verschijnselen de wetten te voorschijn te roepen, de resultaten van het experiment aan het toeval te onttrekken en verder van die wetten rekenschap te geven, — hoc opus, hic labor erat. Wie hiervoor niet terugdeinsde was PFLÜGER *), die, gewoon principiëele quaesties met zeldzame energie aan te grijpen, het vraagstuk zijner oplossing nabij bracht.

Middelerwijl hadden VALENTIN †) en ECKHARD §) het onderzoek voorbereid. De eerste had gevonden, dat een prikkel op den n. ischiadicus schijnbaar onwerkzaam blijft, wanneer tusschen de plaats van inwerking en de spier een gedeelte der zenuw door een constanten stroom in den toestand van electrotonus is gebracht, zoodat deze toestand de geleiding door de zenuw belemmert of opheft. En ECKHARD heeft de verdienste, die PFLÜGER's kritiek hem niet heeft kunnen, maar zeker ook niet willen rooven, van het eerst experimenteel te hebben aangetoond, dat, onder het intrapolaire stuk, bij opstijgenden constanten stroom de prikkelbaarheid verminderd, bij neêrdalenden verhoogd is, in welk belangrijk feit een verschil van prikkelbaarheid der zenuw aan de beide electroden wel reeds ligt opgesloten.

Met verbeterde hulpmiddelen nu toog PFLÜGER aan het werk. Hij gebruikte onpolariseerbare electroden, werkte dus, vi vocis, met constante stroomen, en construëerde een eigenaardigen valtoestel, om den stroom altijd op gelijke wijze en met gelijke snelheid te verbreken.

In de eerste plaats kwam PFLÜGER tot het resultaat, dat een constante stroom de zenuw onmiddellijk in twee streken verdeelt: aan de kathode, namelijk, vond hij de prikkelbaarheid verhoogd, aan de anode verminderd, — en deze veranderingen, die zich extrapolair allengs verliezen, ontmoeten elkander tusschen de polen in een indifferent of neutraal vlak, het scheidingsvlak der beide streken, te dichter bij de kathode gelegen, hoe sterker de

---

*) *Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus.* Berlin, 1859.

†) *Lehrb. der Physiol.* B. II. S. 455 u. f.

§) *Beiträge zur Anatomie und Physiologie.* H. 1. 1855. p. 25.

stroom en hoe langer hij aanhoudt. Den toestand van verhoogde prikkelbaarheid, in de streek der kathode, noemde hij nu *katelectrotonus*, dien van verminderde, in de streek der anode, *anelectrotonus*.

In de tweede plaats wijdde PFLÜGER al zijne zorg aan het vaststellen van het zoogenoemde „Zuckungsgesetz" en formuleerde zijne resultaten aldus:

I. zwakke stroom . . .	S ↑ contractie	S ↓ contractie
	O ↑ rust	O ↓ rust
II. middelmatige stroom.	S ↑ contractie	S ↓ contractie
	O ↑ contractie	O ↓ contractie
III. sterke stroom. . . .	S ↑ rust	S ↓ contractie
	O ↑ contractie	O ↓ zwakke contractie (?)

Deze laatste uitkomsten nu, in verband gebracht met de eerste, betreffende de veranderde prikkelbaarheid aan de electroden, voerden hem tot de gewichtige hypothese: *dat de sluitings-contractie afhangt van het ontstaan van katelectrotonus, de openingscontractie van het verdwijnen van anelectrotonus.*

Inderdaad kan met deze hypothese van de verschijnselen worden rekenschap gegeven, bij onderstellingen, die a priori alleszins gegrond schijnen. Om te verklaren, dat bij zwakke stroomen de sluiting contractie geeft, de opening niet, heeft men slechts aan te nemen, dat het ontstaan van katelectrotonus sterker werkt dan het verdwijnen van anelectrotonus, en om te doen inzien, waarom bij sterke stroomen de contractie op S ↑ en O ↓ uitblijft, heeft men zich slechts te beroepen, voor S ↑, op den weerstand van het anelectrotonische stuk, voor O ↓, op dien van het katelectrotonische stuk, in zijne negatieve modificatie, die, zoo als OBERNIER bewees, bij de opening van den stroom onmiddellijk volgt. Bij middelmatige stroomen, bij welke de openingsprikkel groot genoeg en de weerstanden klein genoeg zijn, kunnen dan opening en sluiting, beide zoowel ↓ als ↑, contractie geven. — Eindelijk wijst PFLÜGER nog op den invloed van de plaats van prikkeling: hoe verder van de spier, hoe grooter effect. Dat de zenuw gevoeliger is voor S ↑ dan voor S ↓, voor O ↓ dan voor O ↑, laat zich gereedelijk hiermede in ver-

band brengen. Immers wordt, bij eene van 0 stijgende stroomsterkte, achtereenvolgens contractie verkregen bij S ↑, S ↓, O ↓, O ↑, en het behoeft nauwelijks te worden opgemerkt, dat bij S ↑ en O ↓ de wet van PFLÜGER den prikkel van een verder van de spier gelegen punt der zenuw doet uitgaan.

Nadrukkelijk zegt overigens PFLÜGER, dat de gevonden wet alléén op versche zenuwen van toepassing is. Na het ontblooten en doorsnijden ondergaat de zenuw een verandering, het eerst op de doorsneê-vlakte en van hier verder in de zenuw, waarbij hare prikkelbaarheid aanvankelijk toeneemt, om later af te nemen (VON BEZOLD, ROSENTHAL), en het gevolg hiervan is, dat de electroden op plaatsen van verschillende prikkelbaarheid komen te liggen en dat de effecten dus onregelmatig uitvallen.

Een belangrijk feit voerde PFLÜGER *) later nog tot staving zijner hypothese aan. Het was bekend, dat, na lange sluiting van een zwakken stroom, zich, al spoedig na het openen, een zeker aantal meer of min tetanische contracties vertoont: de zoogenoemde openingstetanus van RITTER. PFLÜGER nu leverde het bewijs, dat deze van de anelectrotonische streek uitgaan. Was de stroom opstijgend geweest, dan lag de anelectrotonus aan de zijde der spier; en werd nu, na het openen van den stroom, de zenuw interpolair of zelfs een weinig onder de anode doorgesneden, zoo hield de openingstetanus desniettegenstaande aan. Was daarentegen de stroom neêrdalend geweest, en was dus de anelectrotonus door het interpolaire stuk van de spier gescheiden, dan werd met de interpolaire doorsnijding het verschijnsel opgeheven. Blijkbaar gaat het dus uit van het anelectrotonische gebied. — Dit feit nu levert inderdaad een groote presumtie voor dat gedeelte van PFLÜGER's hypothese, 'twelk de openingscontractie in het algemeen op het verdwijnen van den anelectrotonus doet berusten. In hoever die presumtie gewettigd was, kon echter eerst blijken, wanneer de aard van den openingstetanus zou bekend zijn. Die kennis nu is door het onderzoek van ENGELMANN †) verkregen. Hij heeft, naar ik meen, voldoende bewezen, dat het verschijnsel eenvoudig afhangt van de grootere secundaire ge-

*) *Archiv f. Anatomie u. Physiologie.* 1859. S. 133.

†) *Archief voor Natuur- en Geneeskunde.* D. V, blz. 429.

voeligheid der zenuw in de anelectrotonische streek, krachtens welke de *spontane prikkels* in de zenuw de „Schwelle" overschrijden, waarbij zij golven naar de spier uitzenden. En vragen wij nu, of bij het licht dezer kennis het door PFLÜGER ontdekte feit bewijskracht heeft, dan hebben wij ons slechts te herinneren, dat de veranderde gevoeligheid in de streek der electroden, in verband met het zoogenoemde „Zuckungsgesetz", reeds uitgang en grondslag was zijner hypothese, om in te zien, dat met het bedoelde feit althans geen argument van een nieuwe orde gevonden was. Meer afdoende, en geldig voor de geheele hypothese, is de bewijsvoering van V. BEZOLD *), waar hij aantoont, dat de tijd, die er van 't moment van sluiting of opening tot het begin der contractie verloopt, geheel in overeenstemming is met den grooteren of kleineren afstand der spier van de plaats, waarvan, naar PFLÜGER's hypothese, in de onderscheidene gevallen de golf moest uitgaan. PFLÜGER zelf moge tot die proeven het denkbeeld hebben aangegeven, de uitvoering, die over menig punt nog nader licht verspreidde, getuigt van de meesterhand, die het volbracht. PFLÜGER's leer wordt door dit onderzoek waardiglijk bekroond. In één punt schijnt V. BEZOLD gedwaald te hebben. Hij meende, dat ook in het katelectrotonisch gebied, in weerwil der verhoogde prikkelbaarheid, de geleiding verlangzaamd werd: RUTHERFORD vond, dat de geleiding hier versneld wezen kan, mits de polariseerende stroom niet te sterk zij.

Gelden nu de wetten, door PFLÜGER uit de verschijnselen van motorische kikvorschzenuwen afgeleid, ook voor andere zenuwen? Gelden ze ook voor warmbloedige dieren?

In 1860 verscheen PFLÜGER's Programma: *de sense electrico.* Daarin behandelt hij den invloed van galvanische stroomen op de gevoels- en zintuigzenuwen Later, in 1865 †), vond hij in de niet voldoende aandacht, zijn in het latijn geschreven programma geschonken, aanleiding, om den inhoud daarvan, hier en daar gewijzigd en uitgebreid, in het Duitsch te herhalen. Uit die geschriften nu blijkt, dat op de gevoelszenuwen voor

---

*) *Untersuchungen über die electrische Erregung der Nerven und Muskeln.* Leipzig, 1861.

†) PFLUGER, *Untersuchungen aus dem physiol. Laboratorium in Bonn.* 1865, S. 144.

sterke stroomen ontwijfelbaar dezelfde wetten geldig zijn. Voor zwakke stroomen daarentegen gelukte het hem niet, daarvan 't bewijs te leveren. „Soviel nur," zegt hij, „stellte sich im Allgemeinen heraus, dass für die schwachen Ströme das Gesetz der electrischen Empfindung ein anderes ist, als für starke; denn sehr häufig gab der schwache absteigende Strom wie der aufsteigende nur Schliessungs- und keine Oeffnungszuckung. Auch war oft die Schliessungszuckung des absteigenden Stromes das einzig wirksame bei äusserster Abschwächung desselben. Dies würde das Verhalten sein, wie wir es, der Theorie nach, erwartet haben. Ich habe hiervon aber so häufige Ausnahmen beobachtet, über welche ich, trotz aller Mühe, nicht Herr zu werden vermochte, dass ich selbst das Gesetz der electrischen Empfindung für schwache Ströme durch den objectiven Versuch nicht erwiesen betrachten kann. Um nur mit einigen Worten der beobachteten Ausnahmen zu gedenken, kam es mir nicht selten vor, dass der schwache, absteigende Strom nur Oeffnungszuckung, aber keine Schliessungszuckung gab. Was sich aber als viel constanter herausstellte, war, dass für den aufsteigenden Strom die Schliessung eine bedeutende Ueberlegenkeit gegen die Oeffnung zeigte." Uit analogie intusschen houdt PFLÜGER zich vrij vast overtuigd, dat voor alle zenuwen dezelfde wetten gelden, en is van oordeel, dat het alleen de talrijke experimenteele bezwaren zijn, die aan het leveren van het feitelijk bewijs in den weg staan. — Aan de waarnemingen, op de zintuigzenuwen gedaan, schijnbaar met die wetten in strijd, tracht hij voorts een verklaring te geven, die haar daarmee in overeenstemming brengt.

Ook op sommige andere zenuwen is de werking van den constanten stroom met meer of minder voldoende uitkomst onderzocht. Zelfs op den levenden mensch werd de bij de electroden veranderde prikkelbaarheid der zenuw aangetoond *), en in het algemeen konden de verschijnselen, door de electro-therapeuten waargenomen †), tot de wet van PFLÜGER worden teruggebracht. Eindelijk op den n. vagus zelven kwam V. BEZOLD §),

---

*) W. ERB. *Deutsches Archiv für klinische Medicin*. 1867. III, p. 513.

†) BRENNER. *Electro-therapie*. 1868.

§) *Untersuchungen aus dem physiol. Laboratorium in Würzburg*. Erstes Heft.

ondanks zijne gebrekkige methode, tot resultaten, die hem van een „Hemmungsgesetz", analoog aan het „Zuckungsgesetz", deden spreken.

Van eene andere zijde nog zou, bij een uitbreiding van de toepasselijkheid der wet, haar tevens een nieuwe en krachtvolle steun geworden. Men weet, namelijk, hoe ENGELMANN en BOUVIN *) aantoonden, dat de ureter zich in het algemeen verhoudt als een enkele colossale spiervezel, en hoe ENGELMANN aan alle scepticisme paal en perk stelde, door, in deze spier vooral, met de eenvoudigste hulpmiddelen rechtstreeks aanschouwelijk te maken, wat PFLÜGER's genie door gelukkige combinatie en stoute gevolgtrekking uit de meest delicate proeven had afgeleid. Ook strenger nog dan op de zenuwen kwam de wet uit de proeven op den ureter te voorschijn. Immers buiten en behalve de contractie bij opening en sluiting, kende PFLÜGER aan den constanten stroom, als zoodanig, eene zichtbare werking toe. Bij proeven op den ureter nu zag ENGELMANN †) bij sluiting een golf uitgaan van de kathode, bij opening van de anode; maar, zoolang de stroom in onveranderde sterkte doorging, werd nooit een golf gezien. Zou in dit opzicht de zenuw zich anders verhouden als de spier? ENGELMANN zag, ook bij het volgen der de door PFLÜGER voorgeschreven wijze van prikkeling, onder bepaalde omstandigheden, alle werking op de met de zenuw verbonden spier ontbreken. En die omstandigheden waren juist de volkomen normale. Alleen na temperatuursverandering en bij een begin van uitdroogen, waardoor de zenuw tot het spontane uitzenden van golven uit verschillende punten wordt voorbeschikt, geeft de constante stroom, gedurende zijn bestaan in onveranderde sterkte, een zichtbare werking, die ENGELMANN verklaart uit de verhoogde gevoeligheid, welker invloed de spontane prikkels hier en daar de grens voor het uitzenden van golven doet overschrijden. De geheel versche zenuw daarentegen antwoordt alléén op sluiting en opening van den stroom. Zelfs bij rhythmische schommelingen zag ENGELMANN

---

*) *Onderzoekingen gedaan in het physiol. laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool.* D. II, blz. 319.

†) *Onderzoekingen.* D. III, bl. 230.

de werking onveranderd gelijk blijven aan die van den afgebroken stroom, in spieren zoowel als in zenuwen, met dit verschil alléén, dat voor de laatste de schommelings-perioden korter moeten zijn *).

Bijna zou het schijnen, dat een onderzoek naar de werking van den constanten stroom op den n. vagus, na de juiste kennis, op andere zenuwen en vooral op spieren verkregen, overbodig was geworden. Niemand zal echter beweren, dat die kennis ons het recht geeft, de gevonden wetten zonder nader onderzoek op den n. vagus toepasselijk te verklaren. Op de zenuwen van warmbloedige dieren is het effect van den constanten stroom weinig onderzocht, op de gevoelszenuwen, zelfs van koudbloedige dieren, werd alleen voor sterke stroomen de wet van toepassing gevonden: het was dus reeds daarom belangrijk genoeg, het onderzoek bij verschillende stroomsterkte toe te passen op een zenuw én van geheel eigenaardige functie, én van een warmbloedig dier. Voorts kon ook hier de vraag omtrent de werking van den constanten stroom bij onveranderde dichtheid en die omtrent den openingstetanus worden ten toets gebracht. Eindelijk zou blijken, dat de nauwkeurigheid, waarmede de effecten kunnen worden geregistreerd en uitgeteld, in staat stellen, om krommen te ontwerpen als functie van de stroomsterkte, bij opening en bij sluiting, zoowel van den opstijgenden als van den neêrdalenden stroom.

II. METHODE.

Om den invloed van den constanten stroom op den n. vagus, nauwkeurig te bepalen, is het niet genoeg de hartslagen te tellen: zij moeten worden geregistreerd. De daarbij gevolgde methode is reeds vroeger beschreven †). Hier zij alléén herinnerd, dat, na bevestiging van het dier, met de linkerzijde eenigszins naar beneden, onder applicatie van het luchtkussen in de afgeschoren hartstreek, op de meeste dieren, de hartslagen zich, met scherp geteekenden aanvang der kamercontractie, op den draaienden cy-

---

*) *Onderzoekingen.* 3e Serie. D. I. 1870—1871.

†) Zie PRAHL, in *Onderzoekingen physiol. Lab. Utr. Hoogeschool.* D. II, bl. 149.

linder registreeren. In het koolzwart der petroleumvlam, waarmede het bekleedende papier gezwart is, schrijft het fijne veertje van den cardiograaf zijne bewegingen als dunne witte lijnen op.

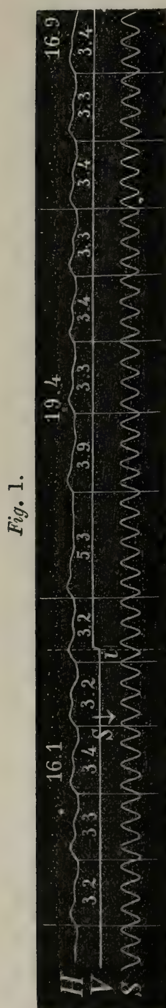


Fig. 1.

Fig. 1 H is de kromme der contracties van het hart. Dezelfde figuur geeft als S de chronoscopische trillingen eener stemvork van 15 trillingen in de secunde. Op een derde lijn V moet het moment van opening en sluiting van den op de zenuw werkenden constanten stroom worden opgeteekend. Die opening en sluiting moeten altijd op gelijke wijze en met gelijke snelheid plaats hebben. De sluiting had plaats door de werking eener electromagneet, die bij sluiting van den stroom eener cel van GROVE werkzaam werd, en deze sluiting geschiedde door snelle indompeling van de geamalgameerde electrode in zuiver kwikzilver. De electromagneet trok dan een week ijzer aan, bevestigd aan een hefboom, die vrij sterk veert en zijn steunpunt in het midden heeft. Aan de eene zijde draagt deze hefboom een schrijvend veertje, aan de andere zijde, en wel beneden, een koperen boog met twee geamalgameerde stiften, waarvan de een *a* continueel in een bakje met kwikzilver dompelt, de ander *b* op de helft der daling in een ander bakje de zuivere kwikzilver-vlakte bereikt. Met deze aanraking is de stroom, die op de zenuw werkt, gesloten en het moment dier sluiting wordt door het schrijvende veertje bij *i* aangegeven: 't ligt dus juist op het midden van het bijna verticaal stijgende lijntje. De stift *b* bereikt het kwikzilver in het met een schroef verstelbare bakje, altijd met gelijke snelheid. De opening van den stroom heeft plaats op het oogenblik, dat de stift *b* het kwikzilver weder verlaat. Dit geschiedt ook altijd met gelijke snelheid, doordien een veer in werking treedt, zoodra de aantrekking der electro-magneet ophoudt, en deze houdt op, wanneer de daarop werkende stroom met de hand geopend wordt. 't Is onverschillig, of de electro-

Fig 1

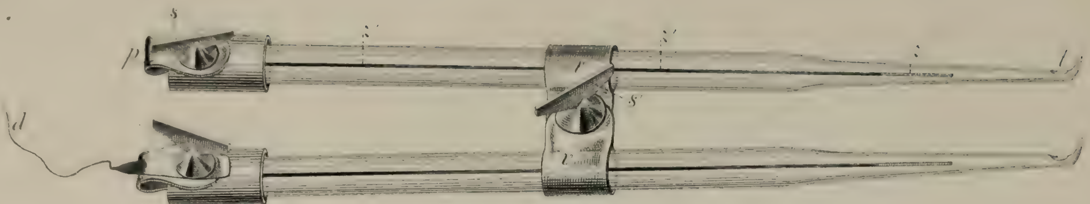
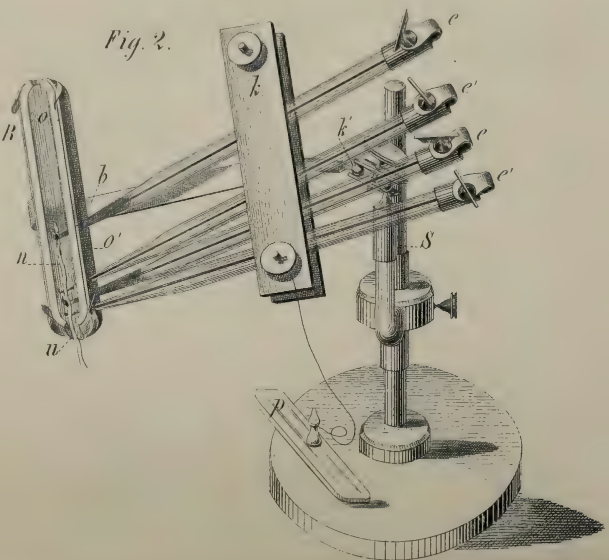


Fig. 2.



Lith. P. W. v. d. Weijer Utr.

magneet het week ijzer nog een oogenblik terughoudt: immers geopend wordt eerst de hoofdstroom op het oogenblik, dat de stift *b* het kwikzilver verlaat, hetgeen samenvalt met het op den cilinder geschreven dalende lijntje. Vrij juist beantwoordt de opening aan het onderste gedeelte van 't lijntje, wijl het kwikzilver zich met de opgeheven stift *b* eenigszins boven het niveau betreft.

Zoo geschieden sluiting en opening van den hoofdstroom telkens op gelijke wijze, en de momenten worden met meer dan voldoende nauwkeurigheid geregistreerd, zonder dat de hoofdstroom zelf daartoe den arbeid te verrichten heeft: in 0.0104 sekunde legt de veer de neergaande stroom-sluitende, in 0.0092 de stroomopenende beweging af.

Wanneer twee constante stroomen op de zenuw moeten werken, wordt de polariseerende, op welks wijze van sluiting het weinig aankomt, eenvoudig met de hand gesloten en voor den irriteerenden het hier beschreven mechanisme gebruikt. Worden naast den polariseerenden stroom een of meer inductie-slagen verlangd, dan worden de momenten van deze door het gewone stroombrekende veertje op den cylinder geregistreerd.

De gebruikte elementen zijn de gewone van GROVE. Van hunne constantie heb ik mij overtuigd. De stroomsterkte wordt door het aantal cellen, en voorts door het inbrengen van het rheochord geregeld: hoe minder draad van het rheochord, als nevensluiting gebezigd, des te zwakker de stroom.

De zenuw ligt op niet polariseerbare electroden, in den regel in een vochtige ruimte. Waar andere electroden gebruikt zijn, geschiedde het tot vergelijking en is daarvan uitdrukkelijk melding gemaakt. Die electroden en de vochtige ruimte verdienen hier, als van bijzondere constructie, een korte beschrijving, met afbeelding. In den regel gebruikte ik alleen onpolariseerbare, waarvan op Plaat I, fig. 1, een paar in natuurlijke grootte is afgebeeld. Zij bestaan uit een kleine glazen buis, met dikken wand, aan het ondereinde smal toeloopend, omgebogen en hier op den hollen kant door uitveilen met een ovaal gat voorzien, dat dus in de holte van het buisje voert: dit ondereinde heeft daardoor den vorm van een klompje. Door de wijde opening van het boveneinde laat men een stukje fijn geslibde klei val-

len, die met chloorsodium-oplossing van 1 op 200 water bewerkt is, en met een zinken staafje drukt men die tot in de opening van het glazen klompje, waarvan de klei het uitgeveilde stuk *t* moet aanvullen. Men doet nu in de buis eenige druppels geconcentreerde oplossing van sulphas zinci, en steekt er een zinken staafje in, waarvan het onderste geamalgameerd gedeelte *z* in de vloeistof dompelt, 1 mm. van het kleipropje verwijderd blijvende, en het overige *z'*, met vuurlak bedekt, als een blank plaatje *p* wordt omgeslagen, dat door den schroef *s* op den geel koperen ring bevestigd wordt, te gelijk met den draad *d* die naar de batterij of naar de klos gaat. Twee van deze worden nu gekoppeld door een verschuifbaar dubbel scharnier *v*, en bij den gewenschten onderlingen afstand der zenuwdragende klompjes met een schroef *s'* vastgezet. Op gelijke wijze kan men er meer, bijv. vier, op alle gewenschte afstanden onbewegelijk verbinden, en zoo gelijktijdig op vaste plaatsen een polariseerenden en een irriteerenden stroom, of afwisselend twee irriteerende, den een hooger, den ander lager, aanwenden. Men kan dan de vier electroden met de hand aan de scharnieren vasthouden, of wel ze gesamenlijk in een klem *k* schroeven, zoo als fig. 2 voorstelt, waarbij dan ook zonder de scharnieren aan iedere electrode wel de gewenschte stand kan worden gegeven. In deze figuur 2, op halve grootte geteekend, bevinden zich de vier electroden (*e*, *e*, *e'e'*) in de vochtige ruimte *R*, een dikke glazen buis, ongeveer 9 ctm. lang door een koperen band *b*, die de onderzijde omvat, bevestigd aan de klem *k*. Deze buis wordt gemaakt door een aan beide zijden gesloten cylinder op de bovenvlakte en op de binnenvlakte af te slijpen, zoodat de ruimte twee breede spleetvormige openingen heeft. Door de bovenste *o*, die open staat, ziet men de onderste uiteinden der 4 electroden, met de zenuw *n* er over heen, die door de sleuf *u*, uitgaande van de spleet, naar buiten gaat. Is in de ruimte wat vocht gebracht en de zenuw nauwkeurig over de electroden gelegd, dan wordt die bovenste spleet gesloten met een glazen plaatje *p*, dat met een draad aan de koperen plaat hangt. De tweede spleet *o'* is gekeerd naar de electroden, waaraan ze toegang verleent in de kamer. Zij is bedekt met een laag dun caoutchouc, die over de geheele lengte in het midden is ingesneden, en loodrecht op deze spleet een tal

kleine insnijdingen heeft: zoodoende kunnen de electroden er door gestoken en heen en weêr bewogen worden en sluit de caoutchouc-plaat telkens zoo goed aan, dat de communicatie met de lucht gering en de ruimte een werkelijk vochtige ruimte is. Bij de gekozen dispositie der electroden stellen *e e* twee polariseerende electroden voor, waardoor een constante stroom gaat, terwijl door *e' e'* de prikkelbaarheid der zenuw wordt onderzocht, nabij een der polariseerende electroden, die men, door omkeering van den stroom, beurtelings tot anode en kathode maken kan. De electroden *e'e'* verschillen van *e e* daardoor, dat de geamalgameerde zinken staafjes eenvoudig doorloopen en aan het ondereinde tot zenuwdragende haken zijn omgebogen. Zoodanige niet onpolariseerbare heb ik wel gebruikt, om een enkelen inductie-slag onmiddellijk nabij de anode of de kathode van den polariseerenden stroom toe te brengen: mag men op iets grooteren afstand blijven, dan is er plaats, om een tweede paar onpolariseerbare aan te leggen, die slechts weinig breeder behoeven te zijn.

De klem draagt aan de onderzijde een kogel, die met de klem *k'* van een korten standaard *S* door kogelgeleding is verbonden. De dubbele kogelgeleding en de klem voldoen hier beter dan de looden draden van MAREY. Zeer gemakkelijk kan men hiermede aan de vochtige ruimte in de lucht den geschikten stand geven, om een of de beide nn. vagi over de electroden te leggen. Men zorge slechts de zenuwen over een goede uitgestrektheid te praepareeren en hoog door te snijden, althans, wanneer men ze over 4 electroden leggen wil.

III. HET VERTRAGEND EFFECT VAN DEN CONSTANTEN STROOM IN 'T ALGEMEEN, EN DE WIJZE VAN BEREKENING.

Prikkeling van den n vagus geeft verlenging der hartsperioden. In de verlenging vonden wij dus den maatstaf van de intensiteit en van het aantal golven, die van de geprikkelde plaats naar het hart worden uitgezonden. Waar verlenging terstond op den prikkel volgt, hebben wij recht te besluiten, dat de prikkel werkzaam was. Bij konijnen, zooals reeds uit de proeven van PRAHL gebleken was en onze curven op nieuw bevestigen, zijn de perioden, vooral na doorsnijding der beide nn. vagi, zoo

gelijk van duur, dat een verlenging van 0.2 trilling, dat is van $\frac{1}{75}$ secunde, als afhankelijk van den prikkel mag worden beschouwd; somtijds zelfs is een verlenging van 0.1 trilling, dat is van $\frac{1}{150}$ secunde, genoeg. Het sterkst is de vertraging bij het tetaniseeren: zij kan dan in zoogenoemden stilstand overgaan. Ook door één inductie-slag kan men onder gunstige condities reeds een aanzienlijke verlenging verkrijgen, waarvan ik vroeger een tal van curven heb afgebeeld. Hetzelfde nu kan geschieden door sluiting of opening van den constanten stroom. Plaat II, fig. 1 en 2 toonen dit aan, in verband met de daaruit geconstrueerde krommen 1′ en 2′. H is de lijn der geregistreerde hartslagen; op V valt bij *i* de sluiting in van een neerdalenden stroom. Men ziet, dat de hierop volgende perioden verlengd zijn. De juist uitgemeten duur is onder iedere periode af te lezen, en bovendien is die van het vijftal perioden, aan de verlengde voorafgaande, benevens die der beide volgende vijftallen uitgeteld.

Fig. 2 geeft in allen deele hetzelfde voor het effect van opening van een naar boven gerichten stroom. De hartsperioden zijn hier korter dan in fig. 1, en de cylinder werd minder snel omgedraaid.

Hoe uit fig. 1 en 2 nu de krommen fig. 1′ en 2′ zijn opgemaakt, zal men gereedelijk inzien. De prikkel valt in bij het verticale streepje op de abscis; c, c^1, c^2, enz. zijn de momenten der hartslagen; c^1 komt nog op tijd; c^2 komt te laat, en de hoogte der ordinaten geeft in dezelfde trillingen, waarin de abscis de tijd meet, de verlenging der perioden. De punten der kromme geven nu ook verder de momenten der hartslagen. Zooals men ziet, zijn de effecten van sluiting en opening overeenkomstig, en zij verschillen ook niet wezenlijk van het effect van een enkelen inductieslag, zoo als de hiervan geconstrueerde krommen (fig. 3 en 4) onmiddellijk doen zien. Ik noodig den lezer uit, hierbij ook voorloopig de figuren van Plaat III te vergelijken, die soortgelijke krommen bevat van geringere effecten bij sluiting en opening van stroomen van verschillende sterkte, in beide richtingen.

Bij de nadere beschouwing der effecten van prikkeling door den constanten stroom, hebben wij te onderscheiden:

1°. De duur der *latente periode*. Wat hierdoor te verstaan

Pl. II.

DONDERS. WERKING CONST. STROOM OP N. VAGUS.

Lith. P. W. v. d. Weyer Utr.

is, staat reeds bij PRAHL te lezen: deze duur is de tijd, dien de prikkel aan een hartslag moet voorafgaan, om hem zichtbaar te verlengen. Bij het aanwenden van een inductie-slag bleek hij, bij 't konijn $\frac{1}{6}$ sekunde te bedragen. — dat wil zeggen, een hartslag, die binnen $\frac{1}{6}$ sekunde na den prikkel volgen moet, stoort zich niet aan den prikkel en komt nog op zijn tijd. Hoe die duur uit de waarnemingen wordt afgeleid, heb ik ook vroeger reeds gezegd. In 't kort zij herhaald, dat iedere prikkeling een maximum geeft voor de latente werking, dáár, waar de vertraagde slag had moeten invallen, en meestal ook een minimum, dáár, waar ná de prikkeling een slag nog op zijn tijd kwam. Van een geheele reeks nu neme men het kleinste maximum en het grootste minimum, en beschouwe de gemiddelde uit deze twee als den duur der latente periode. Ik heb dien duur korter gevonden dan dien der periode: daarom ontbreekt bij een prikkeling soms het minimum, want — de eerste slag na den prikkel kon nu al te laat komen (aldus Pl. II, fig. 4), wat evenwel bij konijnen met hunne korte perioden de uitzondering is. — Op de figuren is het einde der latente, dat is het begin der manifeste werking van de reeks, waartoe ze behooren, door *m* aangegeven.

Onderstaande tabel bevat de berekening der latente periode voor 14 reeksen van proeven met den constanten stroom, genomen op 8 konijnen, de meeste reeksen, voor de vier wijzen van prikkeling, namelijk van sluiting en van opening, met neerdalenden en opstijgenden stroom. Aan het einde van iedere reeks is van de gezamenlijke wijzen van prikkeling het kleinste maximum en het grootste minimum, en daarvan de gemiddelde als latente werking toegevoegd, — eindelijk ook de duur der periode en de verhouding van dezen duur tot dien der latente werking. Bij iedere reeks is het aantal proeven vermeld. Waar dit gering is, bleef het kleinste maximum in 't algemeen te groot, het grootste minimum te klein, wat echter voor de gemiddelde — de latente werking — nagenoeg compensatie geven kon.

PRIKKELING MET CONSTANTEN STROOM.

N°. konijn.	S ↓ grootste minimum.	S ↓ kleinste maximum.	S ↓ aantal proeven.	O ↓ grootste minimum.	O ↓ kleinste maximum.	O ↓ aantal proeven.	S ↑ grootste minimum.	S ↑ kleinste maximum.	S ↑ aantal proeven.	O ↑ grootste minimum.	O ↑ kleinste maximum.	O ↑ aantal proeven.	Absoluut grootste minimum.	Absoluut kleinste maximum.	latente werking l = gemiddelde.	duur der periode P.	1 : P.
I	3.	2.6	21	3.	3.6	12	2.6	3.4	13	3.2	3.6	18	O ↑ 3.2	S ↓ 2.6	2.9	3.2	0.906
II	1.7	3.	10	1.8	3.	5	3.2	2.8	9	2.1	2.5	7	S ↑ 3.2	O ↑ 2.5	2.85	3.25	0.876
III	2.	3.	8				2.4	3.8	2	1.8	3.6	6	S ↑ 2.4	S ↓ 3.	2.7	3.4	0.794
IV	3.3	2.4	21	3.7	3.5	12	3.9	2.3	26	1.8	4.8	4	S ↑ 3.9	S ↑ 2.3	3.1	3.4	0.911
V*a*	2.9	2.6	24	3.4	3.1	10	3.2	2.8	14	2.6	2.7	19	O ↓ 3.4	S ↓ 2 6	3.	3.35	0.895
b	3.2	3.3	25	3.2	3.4	16	3.1	2.9	20	3.4	3.9	18	O ↑ 3.4	S ↑ 2.9	3.15	3.8	0.829
VI	0.9	2.8	6				2.7	3.1	7	2.7	3.2	10	S ↑ 2.7	S ↓ 2.8	2.75	3.75	0.733
VII*a*	3.3	3.3	17	2.5	3.7	8	2.5	3.4	10	3.3	3.9	17	S ↓ 3.3	S ↓ 3.3	3 3	3 9	0.846
b	3.3	3.4	25	2.2	3.4	7	2.9	4.	4	3.3	3.9	17	S ↓ 3.3	S ↓ 3.4	3.35	4.2	0.797
c	3.	5.	8	2.4	4 2	8	2.	4.8	8	3.	3.9	8	O ↑ 3.	O ↑ 3.9	3.45	4.75	0.726
VIII*a*							2.5	3.8	4	2.2	3.2	9	S ↑ 2.5	S ↑ 3.2	2.85	3 95	0.721
b							2.6	2.8	7	2.7	3.2	9	S ↑ 2.7	S ↑ 2.8	2.75	4.1	0 670
c							2.6	4.2	12	3.3	4.1	9	S ↑ 3.3	O ↑ 4.1	3.7	4.4	0.841
d	3.3	3.9	11	2.7	5.	10							S ↓ 3.3	S ↓ 3.9	3.6	5.05	0.710
Gemiddeld.	$\frac{(3.3+24)}{2}=2.8$			$\frac{(3.7+3)}{2}=3.3$			$\frac{(3.9+23)}{2}=3.1$			$\frac{(3.4+2.5)}{2}=2.9$					3.13	3.89	0.804
Gemiddelde alléén van de eerste reeksen van ieder konijn	$\frac{(3.3+24)}{2}=2.8$			$\frac{(3.7+3)}{2}=3.3$			$\frac{(3.9+23)}{2}=3.1$			$\frac{(3.3+2.5)}{2}=2.9$					2.92	3.52	0.83

De latente periode blijkt hier, de eerste reeksen van ieder konijn alléén in aanmerking genomen *), 2.92 trilling, dat is 0.195, dus bijna $\frac{1}{5}$ sekunde te bedragen, iets meer dus dan bij het onderzoek met één inductieslag. Dit verschil kan deels in verband staan met den gemiddelden ook wat langeren duur der periode = 3.52 trillingen, deels daarvan afhangen, dat de effecten bij sommige wijzen van prikkeling geringer en daardoor iets later te herkennen waren. Dat deze laatste omstandigheid in aanmerking komt, volgt daaruit, dat in dezelfde orde van wijze van prikkeling, waarin de maximale effecten grooter zijn, de latente perioden korter worden: voor O ↓ = 3.35, voor S ↑ 3.1, voor O ↑ 2.95, voor S ↓ 2.8 trilling.

2°. *Het verloop van het vertragend proces*, bij prikkeling door opening of sluiting van een constanten stroom, is, zooals ik deed opmerken, in 't algemeen gelijk aan dat, door prikkeling met één inductieslag voortgebracht. De vertraging betreft voor het grootste deel de twee eerste perioden, volgende op de latente werking, en is 5 perioden na deze altijd tot een minimum gereduceerd. Het verschil in duur van dit vijftal en van het aan de latente periode voorafgaande, is als de maat der vertragende werking aangenomen. In fig. 1 van Plaat II bijv. bedraagt zij 30.9 — 25.9 = 5 trillingen, waarvan 7.5 — 5.2 = 2.3 tot de eerste, en 6.3 — 5.2 = 1.1 tot de tweede periode behooren, — dus 3.4, dat is meer dan $\frac{2}{3}$ der vertraging van het vijftal, tot die twee perioden. In vele tabellen zal men, naast den duur van het vijftal, dien der 1e en 2e periode, volgende op de latente werking, vinden genoteerd en zich kunnen overtuigen, dat in 't algemeen de verlenging van het vijftal voor meer dan $\frac{2}{3}$ in die beide eerste te zoeken is. In den regel is de eerste, niet zelden evenwel de tweede meer verlengd. Dit hangt af van het moment van invallen van den prikkel. Moet schier onmiddellijk na de latente periode een slag volgen, dan wordt deze slechts weinig vertraagd, en de grootste verlenging treft dan de 2e periode, — zij treft daarentegen de eerste, wan-

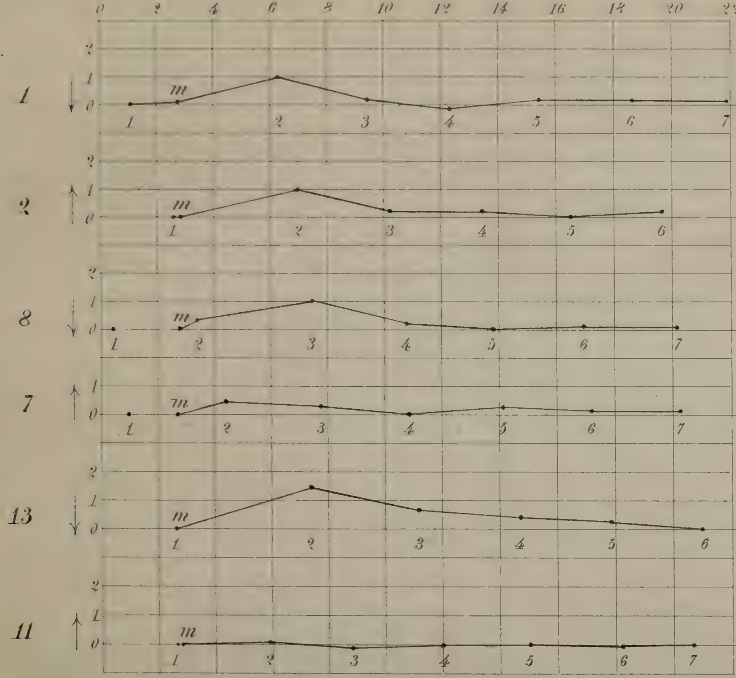
*) Dit is geschied, omdat in de volgende reeksen de perioden (door afkoeling van het dier?), en daarmede ook de latente periode, zooals elders zal worden aangetoond, *onevenredig* langer waren.

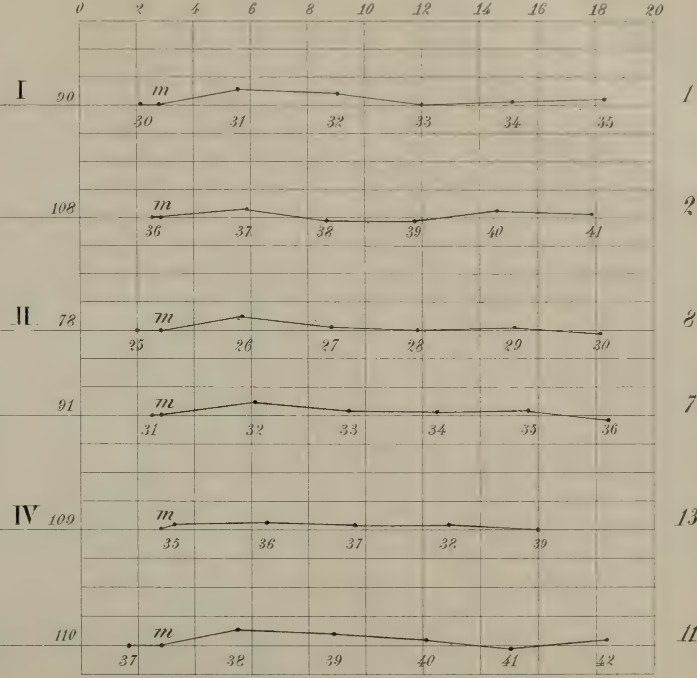
neer de hartslag slechts een weinig later te wachten was. Nu heeft een nauwkeurig onderzoek mij geleerd, dat in het eerste geval de som der vertragingen iets geringer uitvalt dan in het laatste. Het feit is belangrijk en zal bij een andere gelegenheid, wanneer ik over de theorie der vertragende werking zal handelen, uitvoeriger ter sprake komen. Hier zij het genoeg op te merken, dat dien ten gevolge de vertraging der 5 eerste perioden na de latente werking als maatstaf niet absoluut nauwkeurig is; maar het was bijna ondoenlijk — en trouwens ook overbodig — daarvoor een correctie aan te brengen. De geringe vertraging, na het eerste vijftal overgebleven, houdt nog lang aan, en is, bij groot effect, zoo niet voor iedere periode, althans voor de vijftallen, nog verscheidene sekunden meer of minder merkbaar, maar stellig niet langer, veeleer iets korter dan bij prikkeling door één inductie-slag *). Ook loopt de duur der perioden niet meer uiteen dan in het laatste geval, inderdaad ook niet meer, dan in den normalen toestand, buiten alle prikkeling. Het staat dus vast, dat van het gepolariseerde stuk na de sluiting geen nieuwe golven in de zenuw uitgaan, en evenmin wordt dit gezien na het eerste effect der opening. Dit geldt evenzeer voor sterke als voor zwakke stroomen, hetzij in opstijgende, hetzij in neerdalende richting, en er blijkt dus even weinig van een werking van den stroom, terwijl hij bij onveranderde sterkte doorvloeit, als van den zoogenoemden openingstetanus van RITTER.

Op één punt moet ik nog opmerkzaam maken. Wanneer een inductie-slag de eerste periode na de latente werking sterk verlengt, dan is de derde of vierde meestal iets verkort, zoodat de kromme onder de abscis daalt. Men ziet dat op Plaat II, fig. 3. Dit bleek mij bij het openen en sluiten van den constanten stroom veel zeldzamer voor te komen. Is dit verschil aan het toeval te wijten? Ik zou het bijna gelooven. Het verschijnsel wordt namelijk ook bij den constanten stroom gezien, zij het dan zeldzamer, en zeer dikwijls wordt tegenover de vierde periode althans een daling, zij het ook niet onder de abscisse, waargenomen, zooals op verscheidene krommen van Plaat III te bemerken is.

*) Verg. *Onderz. gedaan in het physiol. lab. der Utrechtsche Hoogeschool* II, bl. 305.

CELLEN





Lith. P. W. v. d. Weijer. Utr.

IV. EFFECTEN BIJ VERSCHIL IN RICHTING EN STERKTE VAN DEN STROOM, AANGETOOND IN EENIGE REGELMATIGE PROEVEN.

Wij hebben een bijzonder groot aantal proeven verricht. Om tot zekere uitkomsten te geraken, was dit een eerste voorwaarde. Op zich zelf is het onderwerp van grooten omvang. Het gold niet slechts het vaststellen der effecten van den constanten stroom, van verschillende intensiteit, bij sluiting en opening, opstijgend en neerdalend, ook de invloed dier stroomen op de prikkelbaarheid, de verschijnselen gedurende de sluiting en die na lange sluiting, en talrijke vragen, die zich gaandeweg bij het onderzoek zouden opdoen, moesten worden onderzocht. Maar bovendien zijn uit enkele proeven geen stellige uitkomsten af te leiden. Vooreerst is het een nadeel, dat men, tijdens de proef over het effect meestal niet kan oordeelen. In plaats van naar gelang der uitkomsten den gang der proeven te wijzigen en hierdoor sneller tot het doel te naderen, moet men zich in 't algemeen aan te voren vastgestelde reeksen houden. Op geheele bladen zijn lange rijën van proeven met zwakke stroomen bij versche zenuwen geregistreerd, waarvan bij het uitmeten bleek, dat het effect = 0 was. Een nog grooter bezwaar bestaat daarin, dat de hoeveelheid van vertraging mede beheerscht wordt door de phase der hartscontractie, waarop de prikkel invalt, een omstandigheid, die men niet in zijn macht heeft. Is dus de plaats en de wijze van contact der zenuw met de electroden ook volkomen onveranderd gebleven, zoo zullen reeds daarom de effecten van twee op elkander volgende omgangen, bij gelijke irritatie, verschillen. Men moet dus iedere proef dikwijls herhalen en gemiddelden nemen van de uitkomsten. Verder ligt een groote moeielijkheid in de verandering van prikkelbaarheid, die de zenuw allengskens ondergaat. Om die te ontgaan, zou men de omgangen op hetzelfde blad snel op elkander willen doen volgen. Maar ook hierin zijn ons grenzen gesteld — én door de vermoeienis der zenuw én door het in elkander loopen der effecten Tusschen die klippen moet men trachten door te zeilen. De moeielijkheid zou geringer zijn, wanneer het niet om vergelijkende effecten, bij allerlei wijze van irritatie, te doen was,

en dus in den kortsten tijd, waarin ze mogen afloopen, op hetzelfde blad zooveel waarnemingen mogelijk had te registreeren, — naar gelang van het doel, op denzelfden omgang een of meer sluitingen en openingen, of wel slechts één sluiting of één opening. Bij zoo groote bezwaren, konden de uitkomsten eerst als stellig worden aangezien, wanneer ze aan op groote schaal verrichte proeven werden ontleend.

Zullen wij van al onze proeven de gevonden cijfers mededeelen? Niet van allen, maar toch van betrekkelijk velen. Alleen de proeven, waarin het effect geheel negatief was, en de talrijke bladen, waarin niets aan den dag kwam, dan dat nabij de beide electroden van den constanten stroom de prikkelbaarheid der zenuw was verminderd, supprimeeren we geheel. Maar wij zullen slechts van enkelen de bijzondere uitkomsten in den tekst opnemen, de overigen, met de noodige toelichting ook aangaande de resultaten, als bijlagen laten volgen. — In hoofdstuk IV deelen wij hier alle bijzonderheden mede van twee zeer regelmatige proeven, en wijzen gaandeweg op de resultaten, die er uit voortvloeien. Met de gemiddelden uit twee andere proeven (uitvoerig in de bijlagen opgenomen), vormen zij een geheel, in zooverre daarin reeds het wezenlijke onzer resultaten ligt opgesloten. Die resultaten vereenigen wij nu in hoofdstuk V meer stelselmatig, daarbij verwijzende deels op de proeven van IV, deels op een tal van anderen, in de bijlagen te vinden. Afzonderlijk komt eindelijk, onder VI, de door den constanten stroom veranderde irritabiliteit ter sprake, waarvan de proeven eene bijzondere reeks vormen, welker bijzonderheden ook slechts onder de bijlagen zijn opgenomen.

Op deze wijze heb ik gemeend, het best een overzicht te kunnen geven van het geheel mijner onderzoekingen. De tekst bevat reeds al het wezenlijke. Weinigen, ik ontveins het mij niet, zullen zich de moeite geven, de bijlagen te raadplegen. De massa cijfers is alleszins geschikt, om velen af te schrikken. Maar zij bevatten feiten, die niet zonder moeite verkregen zijn, die het vertrouwen bepalen, aan onze uitkomsten te hechten, en tot beslissing van de eene of andere vraag te eeniger tijd nog wel zullen worden te baat genomen. — Bij de proeven ontbrak het mij niet aan goede hulp. Meer tijd en moeite nog kostte

het uittellen der effecten van iedere prikkeling. Het geschiedde met de grootste nauwgezetheid, aan gestadige controle van mijne zijde onderworpen en — beproefd gevonden.

Na deze algemeene opmerkingen, gaan we over tot de afzonderlijke beschrijving van eenige proeven.

Konijn 1, een mager, groot mannelijk dier. Vóór de proef overtuig ik mij, dat de hartslag goed te registreeren is. Beide nn. vagi worden gepraepareerd en hoog doorgesneden.

Blad I. Onmiddellijk na doorsnijding worden de beide nn. vagi in de vochtige ruimte op een paar niet polariseerbare electroden gebracht. De onderlinge afstand der electroden bedraagt 12 mm., en evenveel ongeveer liggen de zenuweinden over de bovenste electroden heen. De prikkeling geschiedt uitsluitend met den constanten stroom:

1 cel	Grove	op	de	omgangen	1 tot 4
2 〃	〃	〃	〃	〃	5 〃 8
4 〃	〃	〃	〃	〃	10, 11 en 13.

Op omgang 12 is de prikkel toevallig uitgebleven.

Op 9 en 14 werd hij, om den normalen gang der hartslagen te constateeren, opzettelijk nagelaten.

Op iederen omgang werd de stroom gesloten, zoodra de cylinder voldoende snelheid verkregen had, en na 25 tot 30 hartslagen weder geopend. Op iederen omgang werd dus het effect eener sluiting en eener opening geregistreerd.

De opschriften der tabel verklaren de beteekenis der getallen.

I. No.	PRIKKEL wijze van		PRIKKEL op	DUUR IN VIJFTIENDEN EENER SECUNDE van 5 perioden: a. vóór prikkel.	b. ná prikkel.	verschil b—a.	Aanmerkingen.
1	constante stroom 1 cel Grove	↓ S	beide nn. vagi.	15	16.5	1.5	
		O		15.1	16.2	1.1	
2		↑ S		15.1	16.7	1.6	
		O		15	15.4	0.4	
3		↑ S		14.9	16.2	1.3	
		O		15.1	15.5	0.4	
4		↓ S		15	16	1	
		O		15.3	15.7	0.4	
5	id. id. 2 cellen Grove	↓ S	id. id.	15	16.3	1.3	
		O		15	15.9	0.9	
6		↑ S		14.9	15.9	1	
		O		15.2	15.8	0.6	
7		↑ S		14.9	16.2	1.3	
		O		15.1	15.8	0.7	
8		↓ S		14.9	16.7	1.8	
		O		15.3	16.1	0.8	
9							zonder prikkel.
10	id. id. 4 cellen	↓ S	id. id.	15	17.4	2.4	
		O		15.3	15.6	0.3	
11		↑ S		15.1	15.3	0.2	
		O		15.4	16.5	1.1	
12							mislukt.
13		↑ S		15.3	18.1	2.8	
		O		15.4	16	0.6	
14							zonder prikkel.

Hierbij zij opgemerkt: 1° dat op de omgangen zonder prikkel de duur van 5 perioden zich tamelijk gelijk bleef. Zoo gaf omgang 9 achtereenvolgens: 15.1, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15.4, 15, 15, 15.1, 15, 14.9, 15.3, 15, 15.1, 15; — 2°. dat het vertragend effect der sluiting soms nog niet geheel geweken was, wanneer de stroom reeds weder werd geopend. De duur der vijf perioden, die aan de prikkeling, of liever aan de manifeste werking voorafgaan, verschilt van 14.9 tot 15.4. Dit verschil is niet groot, slechts 0.1 trilling grooter dan dat op

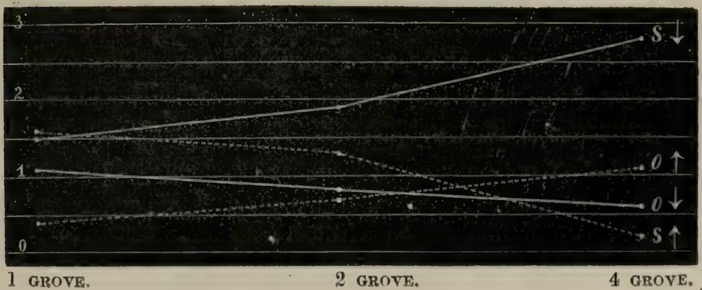
omgang 9, waar alle prikkeling ontbrak. Maar toch kan men zich op de tabel overtuigen, dat de duur der 5 perioden vóór de opening gemiddeld iets langer is, dan die vóór de sluiting, — aan welke laatste altijd een tusschenpozing van minstens 1 minuut was voorafgegaan. Het gevolg hiervan is, dat het vertragend effect der opening iets te laag kan uitvallen, in zooverre, zonder de opening, het eerstvolgende vijftal perioden zich nog iets zou hebben verkort. Hetzelfde komt bij herhaling voor. Maar had ik het geheel willen vermijden, zoo zou ik in het nadeel vervallen zijn van door de langdurige sluiting de zenuw te spoedig uit te putten.

Eindelijk 3°. de resultaten van vertraging, waarom het ons hoofdzakelijk te doen was, zijn deze:

		1 GROVE.		2 GROVE.		4 GROVE.	
		vertraging.	gem.	vertraging.	gem.	vertraging.	gem.
	↓ S	1.5, 1	1.25	1.3, 1.8	1.55	2.4, 2.8	2.6
	O	1.1, 1.4	1.25	0.9, 0.8	0.85	0.3, 0.6	0.45
Fig. 2.	↑ S	1.6, 1.3	1.45	1 , 1.3	1.15	0.2,	0.2
	O	0.4, 0.4	0.4	0.6, 0.7	0.65	1.1,	1.1

Het resultaat is: dat van 1 tot 4 Grove de effecten van S ↓ en O ↑ toenemen, die van S ↑ en O ↓ even regelmatig afnemen. Dit geldt, zoo als we zien, voor de gemiddelden, maar even goed voor de bij elkander behoorende sluiting en opening van elken omgang. Nevenstaande figuur 2 toont dit aan voor

Fig. 2.



den omgang van grootste effect van ieder der drie stroomsterkten. Zij geeft ook al aanstonds een blik op de relatieve werking van S en O, bij neerdalende en bij opstijgende richting, de eerste met lijnen, de laatste gestippeld voorgesteld. Deze verlengingen hebben betrekking tot de vijftallen. Voor die der *afzonderlijke* perioden geeft Plaat III een overzicht. Zij bevat de van 6 omgangen van Blad 1 ontworpen krommen: van N°. 1 en 2 voor 1 Grove, van N°. 8 en 7 voor 2 Grove, van N°. 13 en 11 voor 4 Grove. Zoo is van iedere stroomsterkte een omgang in neerdalende en een in opstijgende richting genomen, en iedere omgang heeft zijne sluiting en opening: de openingen rechts behooren tot dezelfde omgangen als de sluitingen links, en alleen, om de lengten der krommen niet onnoodig te vermeerderen, zijn de perioden in het midden weggelaten, met doortelling evenwel op het nummer der openingsabscis. De gezamenlijke duur der weggelatene perioden blijkt ook uit het cijfer, vóór de openingsabscisse geplaatst, dat in trillingen van 15 in de sekunde het tijdsverloop sedert de sluiting (den aanvang der sluitingsabscisse) vermeldt. Volkomen, zooals uit den duur der vijftallen bleek, was het vertragend effect der sluiting hier nog niet geweken; op de krommen zou het evenwel niet meer zijn te zien geweest. Verklaring behoeft de plaat overigens wel niet.

Het hoofdresultaat nu is in overeenstemming met de wetten van PFLÜGER. S ↓ en O ↑, zoo leert zijne theorie, kunnen stijgende blijven, omdat zij hare golven uitzenden van de onderste electrode, alwaar bij S ↓ de katelectrotonus ontstaat, bij O ↑ de anelectrotonus verdwijnt. Daarentegen kunnen de golven van S ↑ en O ↓, uitgaande van de bovenste electrode, door de onderste worden verzwakt; die verzwakking stijgt sneller dan de prikkeling, en bij 4 GROVE gaat, ondanks de sterke prikkeling, nog slechts een zwakke golf door. Bij nog sterker stroomen zou ze wellicht geheel zijn uitgedoofd.

Voorts blijkt, dat S ↓ $>$ O ↑, constant bij alle stroomsterkten. Beide zenden hare golven uit van dezelfde plaats, van de onderste electrode. Bij gevolg wordt ook hier bevestigd, dat het ontstaan van katelectrotonus een sterker werking in de zenuw voortplant, dan het verdwijnen van anelectrotonus.

Dezelfde wet verklaart, waarom S ↑ meer vertraging geeft dan O ↓, zooals bij 1 en bij 2 GROVE wordt gezien. Maar waarom keert deze regel zich om bij 4 GROVE, en waarom is toch ook bij iedere stroomsterkte het verschil kleiner dan dat tusschen S ↓ en O ↑? De verklaring is gegeven, wanneer men aanneemt, dat de negatieve modificatie van den katelectrotonus de van boven komende golf minder verzwakt dan de anelectrotonus.

Eindelijk, waarom is bij 1 GROVE S ↑ grooter dan S ↓, terwijl men toch heeft aan te nemen, dat de golf van S ↑ toch reeds in het anelectrotonisch gebied, al is het nog betrekkelijk klein, een verzwakking ondergaat? PFLÜGER geeft daarvoor, bij den n. ischiadicus van den kikvorsch, zooals wij zagen, twee oorzaken aan: vooreerst den langeren weg, dien de van de bovenste electrode komende golf door de zenuw heeft af te leggen; tweedens, de, na doorsnijding, van de doorsneevlakte zich verbreidende aanvankelijk grootere gevoeligheid. Het schijnt twijfelachtig, of die verklaring hier voldoende is: de n. vagus is te lang, om aan één ctm. verschil van afstand veel te hechten, en de proef geschiedde op een zeer versche zenuw. De hier opgeworpen vraag zal nader in overweging komen.

Op het volgend blad wenschte ik de wet nader te toetsen voor *sterke* stroomen. Alle proeven geschiedden daarom met een stroom van 4 cellen GROVE, werkende op de beide zenuwen, met afwisseling van richting, — telkens weder S en O op denzelfden omgang.

Blad II, 20 minuten na doorsnijding der zenuwen. Niet polariseerbare electroden, 12 mm. van elkander, de bovenste 20 mm. verwijderd van de doorsnede der zenuwen.

II. N°.	PRIKKEL wijze van		op	DUUR IN VIJFTIENDEN EENER SECUNDE van 5 perioden a. vóór prikkel.	b. ná prikkel.	verschil b—a.	Aanmerkingen.
1	constante stroom 4 cellen Grove	↓ S	beide nervi vagi	15.4	18.7	3.3	
		O		15.8	16	0.2	
2		↓ S		15.2	17	1.8	0 ontbreekt.
3		↑ S		15.6	15.7	0.1	
		O		15.5	18.5	3	
4		↑ S		15.5	15.7	0.2	
		O		15.5	17.2	1.7	
5		↑ S		15.6	15.8	0.2	
		O		15.7	17.9	2.2	
6		↓ S		15.7	19.2	3.5	
		O		15.9	16.1	0.2	
7		↓ S		15.7	19.2	3.5	
		O		16	16	0	
8		↓ S		15.1	19.2	4.1	
		O		15.9	16.1	0.2	
9		↑ S		15.4	15.8	0.4	
		O		15.4	17.9	2.5	
10		↑ S		15.6	15.6	0	
		O		15.4	17.4	2	
11		↓ S		15.7	19.6	3.9	
		O		16.2	15 9	—0.3	
12		↓ S		16	18.9	2.9	
13		↑ S		15.9	16.1	0.2	
14		↑ S		16	16.1	0.1	
15		↓ S		16.1	19	2.9	

De constantie der resultaten is treffend. Deze proef alléén zou toereikend zijn, om de vertragingswet voor sterke stroomen vast te stellen. Tot beter overzicht geef ik hieronder de recapitulatie.

	vertragingen, bij irritatie met 4 Grove,	gemiddeld.
↓ S	3.3, 1.8, 3.5, 3.5, 4.1, 3.9, 2.9, 2.9	3.24
O	0.2, 0.2, 0 0.2, —0.3 (?),	0.12
↑ S	0.1, 0.2, 0.2, 0.4, 0 0.2, 0.1	0.17
O	3 1.7, 2.2, 2.5, 2	2.28

Men ziet S↓ en O↑ hebben een hooge waarde bereikt, hooger zelfs dan op blad I, gevolg der toegenomen prikkelbaarheid, en O↓ en S↑ zijn nog lager gedaald. Toch is de grens voor sterke stroomen blijkbaar nog niet bereikt; want O↓ en S↑ hebben in alle proeven nog een positieve waarde. Wordt in N°. 11 de negatieve waarde van —0.3 gevonden, zoo is dit blijkbaar daaraan toe te schrijven, dat de opening te spoedig na de sluiting volgde, — vóór nog het vertragend effect der sluiting was verdwenen: de 5 hartslagen aan de opening voorafgaande duurden, namelijk, nog 16.2 trilling, bij de vorige opening slechts 15.4. Het effect van S houdt blijkbaar lang aan. Zoo vonden wij in N°. 15, die niet door een opening gevolgd werd, bij een duur van 16.1 trilling vóór de prikkeling, de vijftallen ná de prikkeling achtereenvolgens = 19, 16.9, 16.4, 16.5, 16.3, 16.2, 16,2, 16.1, eene inderdaad zeer regelmatige afneming. Was er geen merkbare vertraging gevolgd, bijv. in N°. 13 voor S↑ (insgelijks zonder volgende opening), dan vertoonde de duur der vijftallen een zeer geringe speling: bij 15.9 vóór de prikkeling, werd na de prikkeling achtervolgens gevonden: 16.1, 15.8, 15.9, 16, 16, 15.9, 16, 15.9, 15.9, 16. Na de eerste 16.1 wordt die waarde geen enkele maal teruggevonden, een bewijs, dat de geringe vertraging van 0.2 vertrouwen verdient: zoo was het overal.

Ik wil nog doen opmerken, dat tijdens de proef de perioden, even als op Blad I, allengs iets langer worden: het eerste blad begon met 15 en eindigde met 15.4 trillingen voor de vijftallen; het tweede, beginnende met 15.4, eindigt met 16.1.

Op nieuw zij er op gewezen, dat S↓ > O↑.

De proeven van Blad II liepen, evenals die van Blad I, in 20 minuten af. Er werd nu wat langer gewacht, om bij herhaling der proeven van Blad I den invloed der veranderingen van de zeuuw na de doorsnijding te leeren kennen.

Blad III, $1\frac{1}{2}$ uur na het doorsnijden der nn. vagi. Beide zenuwen op niet polariseerbare electroden, 12 mm van elkander.

III. N⁰.	PRIKKEL wijze	van	op	DUUR IN VIJFTIENDEN EENER SECUNDE van 5 perioden *a.* vóór prikkel.	*b.* ná prikkel	verschil *b*—*a*.	Aanmerkingen.
1	constante stroom 1 cel Grove	↓ S	beide nervi vagi	16.5	19.7	3.2	
		O		17.1	17.9	0.8	
2		↑ S		16.5	18	1.5	
		O		16.6	17.3	0.7	
3		↑ S		16.1	18.5	2.4	
		O		16.5	17.5	1	
4		↓ S		16.5	18.9	2.4	
		O		16.7	17.7	1	
5	id. id. 2 cellen Grove	↓ S	id. id.	16.5	19.3	2.8	
		O		17	17.4	0.4	
6		↑ S		16.4	16.8	0.4	
		O		16.5	18.7	2.2	
7		↑ S		16.4	16.7	0.3	
		O		16.3	17.8	1.5	
8		↓ S		16.4	19 8	3.4	
		O		16.6	17.5	0.9	
9	id. id. 4 cellen Grove	↓ S	id. id.	16.4	18.5	2 1	
		O		16.5	16.6	0.1	
10		↑ S		16.2	16.5	0.3	
		O		16.4	17.6	1.2	
11		↑ S		16	16.2	0.2	
		O		16.2	17.5	1.3	
12		↓ S		16.3	19.6	3.3	
		O		16.3	16.5	0.2	

De uitkomsten leveren wederom een gewenschte regelmatigheid, zooals uit onderstaand overzicht moge blijken.

	1 GROVE vertraging.	gem.	2 GROVE vertraging.	gem.	4 GROVE vertraging.	gem.
↓ S	3.2, 2.4	2.8	2.8, 3.4	3.1	2.1, 3.3	2.7
O	0.8, 1	0.9	0.4, 0.9	0.65	0.1, 0.2	0.15
↑ S	1.5, 2.4	1.95	0.4, 0.3	0.35	0.3, 0.2	0.25
O	0.7, 1	0.85	2.2, 1.5	1.85	1.2, 1.3	1.25

De verhouding, voor Blad I gevonden, heeft verandering ondergaan:

1°. De effecten van S ↓ en O ↑ stijgen wel van 1 tot 2 Grove, maar dalen weer bij 4. Vermoeienis kan daarbij wel in het spel zijn; maar toch schijnt reeds te blijken, dat bij een zekere stroomsterkte de effecten van S ↓ en O ↑ hunne grens vinden, om dan weder af te nemen, en dat die grens bij de meerdere prikkelbaarheid der niet geheel versche zenuw spoediger is bereikt.

2°. S ↓ > O ↑, bewijzende, dat het ontstaan van katelectrotonus op dezelfde plaats meer effect heeft dan het verdwijnen van anelectrotonus, handhaaft zich, als vroeger, bij alle stroomsterkten.

3°. S ↑ > O ↓ blijft waar voor 1 Grove, maar vroeger dan op Blad I volgt hier de omkeering, namelijk bij 2 Grove, blijkbaar in verband met de sterkere ontwikkeling van den anelectrotonus, blijkende uit het groote effect van O ↑.

4°. S ↑ > S ↓ is zelfs bij 1 Grove niet meer toepasselijk gebleven. Ook hierin openbaart zich de groote weerstand van het anelectrotonisch gebied.

Het verschil laat zich terugbrengen tot de wet van NOBILI: dat, op geprikkelde zenuwen, bij geringere stroomsterkte een verhouding wordt verkregen, die op versche zenuwen eerst voor grootere stroomsterkte geldt. Om zich hiervan nader te overtuigen, behoeft men slechts te letten op S ↓ en O ↑ tegenover S ↑ en O ↓, die op Blad III bij 2 Grove reeds een tegenstelling vertoonen, naderende tot die bij 4 Grove, op Blad I.

Tot beter vergelijking zijn de gemiddelden der resultaten, op de drie bladen verkregen, hier in tabel gebracht.

	1 GROVE		2 GROVE		4 GROVE		
	Blad I.	III.	Blad I.	III.	Blad I.	III.	II.
↓ S	1.25	2.8	1.55	3.1	2 6	2.7	3.24
O	1.25	0 9	0.85	0.65	0.45	0.15	0.12
↑ S	1.45	1.95	1.15	0.35	0 2	0.25	0.17
O	0.4	0.85	0.65	1.85	1.1	1.25	2 28

Het resultaat laat zich aldus verklaren: $1\frac{1}{2}$ uur na de doorsnijding is aan de onderste electrode de prikkelbaarheid der zenuwen toegenomen, zoodat, bij matige stroomsterkte, de hier ontstaande katelectrotonus (S ↓) en verdwijnende anelectrotonus (O ↑) een grooter effect hebben, en, bij 2 Grove, de hier ontstaande anelectrotonus (tegenover S ↑) en de katelectrotonus, in zijn negatieve modificatie (tegenover O ↓) een grooteren weerstand bieden.

Voor middelmatige en sterke stroomen heeft het beschrevene experiment de voornaamste resultaten geleverd. Ik ga daarom thans over tot de uitkomsten, bij prikkeling met zwakkere stroomen verkregen op.

Konijn 2. Het onderzoek begon met middelmatige stroomen van 1 Grove, op Blad I. Daarbij bleek, hoewel slechts één zenuw werd geprikkeld, het vertragend effect, onmiddellijk na de doorsnijding reeds aanzienlijk te zijn. Dit gaf aanleiding, om bij dit konijn op de volgende bladen de effecten van *zwakke* stroomen te onderzoeken.

B l a d I. Onmiddellijk na doorsnijding der beide nn. vagi. Alléén de rechter zenuw op de onpolariseerbare electroden, met onderlingen afstand van 1 ctm. De proeven loopen zeer regelmatig af, zonder eenige stoornis: met voortdurend scherp geregistreerde hartslagen zijn de 16 omgangen, ieder met een sluitings- en een openingsprikkel, binnen 20 minuten afgeloopen.

I.	PRIKKEL.			DUUR, IN VIJFTIENDEN EENER SECUNDE, VAN					Aanmerkingen.
N°.	wijze	van	op	5 perioden		perioden		verschil $b-a$.	
				a. vóór prikkel.	b. ná prikkel.	eerste.	tweede (na latente werking).		
1	constante stroom 1 cel Grove	↓ S	n. vagus dexter	17.2	18.8	4.3	3.7	1.6	
		O		16.9	17.3	3.5	3.5	0.4	
2		↑ S		16.3	18.3	4.1	3.6	2	
		O		16.4	16.7	3.2	3.4	0.3	
3		↑ S		16.3	18.3	3.5	4	2	
		O		16.6	16.5	3.1	3.5	--0.1	
4		↓ S		16.3	17.7	3.6	3.6	1.4	
		O		16.8	16.7	3.1	3.4	--0.1	
5		↓ S		16.8	18.5	4.3	3.6	1.7	
		O		16.8	17	3.5	3.4	0.2	
6		↑ S		16.5	18.6	4.2	3.8	2.1	
		O		16.6	16.3	3.2	3.2	--0.3	
7		↑ S		16.5	19.4	4.6	3.7	2.9	
		O		16.6	16.7	3.3	3.4	0.1	
8		↓ S		16.4	17.9	4	3.4	1.5	
		O		16.4	16.9	3.5	3.5	0.5	
9		↓ S		16.3	18.4	4.1	3.6	2.1	
		O		16.3	16.6	3.3	3.4	0.3	
10		↑ S		16.3	18.4	4.2	3.6	2.1	
		O		16.4	16.4	3.2	3.4	0	
11		↑ S		16.1	18.7	3.5	4.3	2.6	
		O		16.4	16.5	3.3	3.2	0.1	
12		↓ S		16	17.4	3.4	3.8	1.4	
		O		16.5	16.9	3.5	3.4	0.4	
13		↓ S		16.2	18.7	4.2	3.7	2.5	
		O		16.7	16.2	3.2	3.3	--0.5?	zenuw niet op electrode.
14		↑ S		16	18.3	3.3	4.3	2.3	
		O		16.6	16.6	3.3	3.2	0	
15		↑ S		16.4	19	4.4	3.7	2.6	
		O		16.8	17	3.5	3.5	0.2	
16		↓ S		16.7	21.2	5.5	4.1	4.5	
		O		17.3	19.2	4.3	3.8	1.9	

De effecten, op dit blad verkregen, vertoonen een groote regelmatigheid, grooter schier, dan men zou mogelijk achten, wanneer men in aanmerking neemt, dat de prikkelbaarheid kan veranderen, en dat het effect grooter of kleiner is naar de phase

der hartsperiode, waarop de prikkel invalt (verg. blz. 99). Tot beter overzicht, laat ik voor sluiting en opening in de beide richtingen hier de resultaten volgen, onder herinnering, dat de getallen in vijftienden van secunden de som der vertragingen uitdrukken, volgende op de latente werking.

1 GROVE, MET ONPOLARISEERBARE ELECTRODEN.

↓S	1.6,	1.4,	1.7, 1.5, 2.1, 1.4, 2.5, (4.5?)	= 12.2 : 7 = 1.74 gem.
O	0 4,	—0 1,	0 2, 0.5, 0.3, 0.4, ? (1.9?)	= 1.7 : 6 = 0.28 〃
↑S	2 ,	2 ,	2 1, 2.9, 2.1, 2.6, 2.3, 2.6	= 18.6 : 8 = 2.33 〃
O	0.3	—0.1,	— 0.3, 0.1, 0 , 0.1, 0 , 0.2	= 0.3 : 8 = 0.04 〃

Al deze proeven hadden plaats bij gelijke stroomsterkte.

Van

1°. den invloed der stroomsterkte kan dus niets blijken. Maar in 't algemeen zien wij, dat bij de hier gebezigde gemiddelde stroomsterkte het effect van sluiting in beide richtingen grooter is dan dat van opening.

2°. S↓ is veel grooter dan O↑. De tegenstelling is nog sterker dan bij het eerste konijn. Blijkbaar dus is de golf, die van den ontstaanden katelectrotonus uitgaat veel krachtiger, dan die bij het openen van den stroom van dezelfde plaats door den anelectrotonus wordt uitgezonden. — De zwakke werking van den anelectrotonus uit zich ook in het groote effect van S↑, welker golf den weerstand van den anelectrotonus te overwinnen heeft. Om den geringen weerstand kan

3° S↑ > O↓ blijven, hoezeer de verdwijnende katelectrotonus, welks weerstand op den weg van O↓ ligt, wel nog geringer is: de krachtiger werking van den ontstaanden katelectrotonus boven den verdwijnenden anelectrotonus komt er dus *a fortiori* door te voorschijn.

4°. S↑ is hier doorgaande ook weer grooter dan S↓. Hier blijkt dus op nieuw, dat in de geheel versche zenuw, niettegenstaande het anelectrotonisch gebied toch geacht is reeds eenigen weerstand aan de van S↑ uitgaande golf te bieden, S↓ er aanzienlijk beneden blijft.

Ik mag niet onopgemerkt laten, dat de vijf perioden, die aan de opening voorafgaan, doorgaans weer iets langer zijn gevon-

den, dan de aan de sluiting voorafgaande; blijkbaar was dus telkens de vertragende werking der sluiting ook hier nog niet geheel geweken, als de opening reeds inviel, welker effect daardoor iets, misschien 0.1 trilling, te gering uitvalt en daarom nog al eens negatief wordt. Het bijzonder groot effect in N°. 16 is mij raadselachtig gebleven.

In de hoop, de andere zenuw even gevoelig te zullen vinden, worden hierop zwakkere stroomen (1 Grove, met rheochord, als nevensluiting) aangewend, waarvan de effecten te zien zijn op

Blad II, 35 minuten na doorsnijding der zenuwen. De linker zenuw, die tot dusverre tusschen de spieren was verborgen geweest, rustende op niet polariseerbare electroden.

II. Nº.	Prikkel. wijze	van	op	Duur, in vijftienden eener seconde, van 5 perioden a. vóór prikkel.	b. ná prikkel.	perioden eerste.	tweede (na latente werking).	verschil b—a.	Aanmerkingen.
1	constante stroom 1 cel Grove met 10 × 2 m. rheochord als nevensluiting	↓ S	n. vagus sinister	17.3	18.8	3.6	4	1.5	
		O						?	
2		↑ S		17.8	19	4.2	3.8	1.2	
		O		17.4		3.6	3.5	-0.14	
3		↑ S		17.2	19.1	4.4	3.9	1.9	
		O		17.4		3.6	3.3	0.14	
4		↓ S		17.2	17.7	3.6	3.7	0.5	
		O		17.2		3.5	4	0.98	
5	1 Grove met5×2m. rheochord	↓ S		17.3	19.3	3.6	4.6	2	
		O		17.7		3.7	3.8	0.7	
6		↑ S		17.3	19.8	4.9	3.8	2.5	
		O		17.7		3.3		0	
7		↑ S		17.3	19.5	4.6	3.9	2.2	
		O		17.6		3.7	3.5	0.28	
8		↓ S		17.2	17.4	3.4	3.6	0.2	
		O		17.5		3.9		1	
9	1 Grove met3×2m. rheochord	↓ S		17.7	17.6	3.6	3.5	-0.1	
		O		17.7		3.9	3.9	1.04	
10		↑ S		17.3	19.5	5.1	3.8	2.2	veel verlengd.
		O		17.3	17.5	3.8	3.4	0.2	
11		↑ S		17.5	19.4	3.6	4.5	1.9	
		O		17.7	17.7	3.5	3.5	0	
12		↓ S		18	17.8	3.7	3.5	-0.2	
		O		18.1	19.1	3.7	4.1	1	
13	1 Grove met 10 × 2 m. rheochord	↓ S		18	18	3.7	3.5	0	
		O		17.9	19.1	4.2	3.9	1.2	
14		↑ S		17.8	19.3	4.5	3.7	1.5	
		O		17.9	18.1	3.6	3.5	0.2	

Ook de proeven van Blad II liepen regelmatig af; maar het bleek, bij het uittellen, dat op de meeste omgangen de opening wat laat bewerkstelligd was, dat, namelijk, ná de opening dikwijls slechts een paar perioden meer te zien waren Uit de verlenging van deze is dan de vertraging van het vijftal vrij nauwkeurig op te maken, door met 3/2 te vermenigvuldigen. In het hieronderstaande overzicht, plaatsen wij de zwakste stroomen vooraan:

	1 Grove, met 3 × 2 met. rheochord.		1 Grove, met 5 × 2 met. rheochord.		1 Grove, met 10 × 2 met. rheochord.	
	verlenging.	gem.	verlenging.	gem.	verlenging.	gem.
↓S	-0.1 , -0.2	-0.15	2 , 0.2	1.1	1.5 , 0.5 ,	1
O	1.04, 1	1.02	0.7, 1	0.85	0.98, 1.2 ,	1.09
↑S	2.2 , 1.9	2.05	2.5, 2.2	2.35	1.2 , 1 9 , 1.5	1.53
O	0	0	0 , 0.28	0.14	0.14, 0.14, 0.2	0.16

Op de regelmatigheid dezer uitkomsten valt niet bijzonder te roemen. Toch zijn zij sprekend genoeg. Vroeger hadden wij te doen met stroomen van 1 tot ½ Grove, nu met zeer zwakke, stijgende zelfs niet tot 1 Grove. — Gelden hiervoor dezelfde wetten?

1°. In 't algemeen is in de effecten van S↓ en O↑ stijging te bemerken met de stroomsterkte, zooals de theorie verlangt. S↑ en O↓ geven bij de zwakste stroomen reeds veel effect en schijnen bij de sterkere op haar keerpunt te komen. Bij groote stroomsterkte nemen ze af, omdat de weerstand sneller stijgt dan de intensiteit der aanvangsgolf.

2°. S↓ > O↑ leert, dat, ook bij zwakken stroom, de ontstaande katelectrotonus een sterkere golf uitzendt dan de verdwijnende anelectrotonus.

3°. S↑ > O↓ spreekt hier sterk en constant, vooreerst om dezelfde reden, als sub 2°, terwijl de weerstanden van het kleine anelectrotonische en van de negatieve modificatie in het katelectrotonische gebied zich zeker nog weinig doen gelden, en tweedens, omdat de gevoeligheid aan de onderste electrode geringer is dan aan de bovenste.

4°. De verhouding van S↑ tot S↓ komt te gunstiger uit voor de eerste, hoe zwakker de stroom, geheel in overeenstemming met het vroeger gevondene. Dat 35 minuten na de doorsnijding hier ook reeds de nabij de doorsnede meer verhoogde gevoeligheid in het spel is, mag, zooals later blijken zal, mede veilig worden aangenomen.

Ten slotte merken wij op, dat bij de zwakste stroomen S↑ reeds een groot effect heeft, terwijl bij de sterkste O↑ nog bijna onwerkzaam is gebleven. Hierop komen wij terug bij de resultaten, verkregen op

Blad III, $1\frac{1}{2}$ uur na het doorsnijden der beide nn. vagi. Constante stroom, 1 Grove met rheochord.

Linker n. vagus op niet polariseerbare electroden, in de vochtige kamer.

III.	PRIKKEL.			DUUR, IN VIJFTIENDEN EENER SECUNDE. VAN					
				5 perioden		perioden			
N⁰.	wijze	van	op	*a* vóór prikkel.	*b*. ná prikkel.	eerste. (na latente werking).	tweede	verschil *b—a*.	Aanmerkingen.
1	constante stroom	↓ S	n. vagus sinister	17.2	19.2	3.8	4.3	2	
	1celGrove,	O		17.1	17.5	3.4	3.7	0.4	
2	met 5 × 2 m. rheo-	↓ S		17.3	20	4.7	3.9	2.7	
	chord, als	O		17.5	18.3	3.9	3.7	0.8	
3	nevenslui-	↑ S		17.2	19.8	4.6	3.8	2.6	
	ting	O		17.3	17.4	3.6	3.4	0.1	
4		↑ S		17.2	20.2	4.8	3.9	3	
		O		17.3	17.2	3.5	3.4	–0.1	
5		↓ S		17	17.5	3.6	3.6	0.5	
		O		17.1	17.8	3.7	3.7	0.7	
6	id. id.	↓ S	id. id.	17.1	17.7	3.7	3.6	0.6	
	met 1 × 2 m. rheo-	O		17.2	17.4	3.6	3.5	0.2	
7	chord	↑ S		17.1	20	4.7	3.8	2.9	
		O		17.1	17.2	3.5	3.5	0.1	
8		↑ S		17	19.7	3.7	4.5	2.7	
		O		17.3	17.2	3.4	3.4	–0.1	
9		↓ S		17.3	17.4	3.7	3.6	0.1	
		O		17.2	17.2	3.4	3.6	0	
10	id. id.	↓ S	id. id.	17.9	17.9	3.6	3.5	0	
	met 1 × 1 m. rheo-	O		17.7	17.7	3.6	3.6	0	
11	chord	↑ S		18	18.8	3.6	4.1	0.8	
		O		18.2	18.4	3.6	3.7	0.2	
12		↑ S		18.3	19.6	3.7	4.3	1.3	
		O		18	18.5	3.6	3.7	0.3	
13		↓ S		18	17.8	3.6	3.6	–0.2	
		O		17.9	17.7	3.5	3.6	–0.2	
14	id. id.	↓ S	id. id	18	17.9	3.4	3.6	–0.1	
	met 1 × 2 m. rheo-	O		17.8	17.8	3.5	3.7	0	
15	chord	↑ S		18	20.2	4.6	3.7	2.2	
		O		17.9	17.9	3.5	3.6	0	
16		↓ S		18	18.1	3.7	3.6	0.1	
		O		17.8	17.9	3.5	3.6	0.1	

De betrekkelijk groote effecten, op Blad II gevonden, noopte mij, dezelfde zenuw met nog zwakker stroomen te prikkelen. Dit is geschied op Blad III. Dat hierbij een regelmatige, ongestoorde gang werd verkregen, blijkt uit het ontbreken van alle leemte en van alle onzekerheid in de bovenstaande resultaten. Het overzicht en de gemiddelden vindt men in onderstaande tabel.

	a. 1 Grove, met I × 1 m. rheochord.		*b.* 1 Grove, met 1 × 2 m. rheochord.		*c.* 1 Grove, met 5 × 2 m. rheochord.	
		gem.		gem.		
↓ S	0 ,−0.2	−0.1	0.6, 0.1, −0.1, 0.1	0.18	2 , 2.7, 0.5	1.73
O	0 ,−0.2	−0.1	0.2, 0 , 0 , 0 1	0.08	0.4, 0.8, 0.7	0.63
↑ S	0.8, 1.3	1.15	2.9, 2.7, 2.2,	2.6	2.6, 3 ,	2.8
O	0.2, 0.3	0.25	0.1, 0.1, 0	0.08	0.1,−0.1,	0.05

Wij constateeren hier: van de zwakste stroomen tot de zeer matige van 1 Grove met 5 × 2 rheochord, zijn:

1°. S ↓ stijgend, O ↑ zonder kennelijk effect; S ↑ en O ↓, die bij sterke stroomen dalen, nog altijd stijgend.

2°. S ↓ > O ↑, duidelijk eerst uitkomende bij 2 × 5 Rh., dewijl bij de zwakkere stroomen de werking nog al te gering is.

3°. S ↑ *veel* grooter dan O ↓: van bijzondere weerstanden kan nog nauwelijks sprake zijn, zoodat, evenals door 2°, de sterker werking van den wordenden katelectrotonus boven den verdwijnenden anelectrotonus aan den dag komt.

4°. S ↑ > S ↓, blijkbaar bij alle stroomsterkten: eerst bij veel grootere keert die verhouding zich om door den weerstand, dien S ↑ zich zelven schept.

5°. Zien wij hier de orde, waarin bij stroomen, stijgende van 0, de effecten het eerst te voorschijn treden: S ↑, reeds bij *a* zeer ontwikkeld; S ↓ bij *b* aanwezig, sterk ontwikkeld bij *c*, O ↓, twijfelachtig bij *a* en *b*, onmiskenbaar bij *c*, O ↑, ook bij *c* nog schier onwerkzaam. Twijfel kan er alléén bestaan tusschen S ↓ en O ↓. Op Blad II kreeg O ↓ stellig vroeger effect dan S ↓; Blad III zou ons eer tot het tegendeel doen besluiten.

Ik kom op die vraag later terug, en ga nu over tot de resultaten der proeven van

Blad IV, 2 uren na doorsnijding der zenuwen. De *rechter* zenuw (die, alléén op Blad I geprikkeld, ruim 1½ uur tusschen de spieren is verborgen gebleven) op niet polariseerbare electroden, prikkeling eerst met zwakke, N°. 13 tot 16 met sterke stroomen.

IV. N°.	PRIKKEL. wijze	van		op	DUUR, IN VIJFTIENDEN EENER SECUNDE, VAN: 5 perioden a. vóór prikkel.	b. ná prikkel.	perioden eerste.	tweede (na latente werking).	verschil b—a	Aanmerkingen.
1	constante stroom 1 Grove met 2×2 m. rheochord, als nevensluiting	↓	S	n. vagus dexter	17.5	19	4	3.9	1.5	
			O		17.5	17,5	3.9	3.7	0	
2		↑	S		17.9	21.5	5.6	4.2	3.6	
			O		18	17.9	3.6	3.6	--0.1	was nog vertraagd.
3		↑	S		17.8	20.7	4.7	4.1	2.9	
			O		18	17.7	3.5	3.7	--0.3?	was nog vertraagd.
4		↓	S		17.7	17.7	3.5	3.6	0?	
			O		17.5	17.7	3.6	3.6	0.2?	
5	id. id. met 1 × 2 m, rheochord	↓	S	id. id.	17.5	17.7	3.5	3.7	0.2	
			O		17.5	17.4	3.5	3.5	--0.1	
6		↑	S		17.5	19.3	4.4	3.7	1.8	
			O		17.6	17.6	3.4	3.5	0	
7		↑	S		17.5	19.5	4.4	3.9	2	
			O		17.6	17.7	3.6	3.5	0.1	
8		↓	S		17.4	17.5	3.5	3.6	0.1	
			O		17.6	17.4	3.4	3.6	-0.2	
9	id. id. met 1 × 1 m. rheochord	↓	S	id. id.	17.7	17.5	3.5	3.6	-0.2	
			O		17.7	17.6	3.6	3.5	-0.1	
10		↑	S		17.6	17.8	3.6	3.6	0.2	
			O		17.7	17.6	3.5	3.5	-0.1	
11		↑	S		17.7	18	3.7	3.5	0.3	
			O		17.8	17.6	3.5	3.5	-0.2	
12		↓	S		17.7	17.6	3.6	3.4	-0.1	
			O		17.6	17.6	3.6	3.5	0	
13	2 Grove, zonder rheochord	↓	S	beide zenuwen	18 3	25.7	8.5	4.7	7.4	
			O		18.5	20	4.6	3.8	1.5	
14		↑	S		17.8	25.3	8.2	4.8	7.5	
			O		18.2	20.8	5	4.1	2.6	
15		↑	S		17.7	21.8	6	4	4.1	
			O		18	18.2	3.8	3.6	0.2	
16		↓	S		17.9	27.3	9.3	5	9.4	ontbreekt.
			O							

Het scheen belangrijk, de effecten voor zwakke stroomen, die op Blad II en III voor de linker zenuw werden onderzocht, ook voor de rechter na te gaan. De proef liep volkomen regelmatig af. Na 3 reeksen met zwakkere en zwakkere stroomen te hebben geregistreerd, bleef er nog plaats voor ééne reeks, waarbij wij, om op deze gevoelige zenuwen eens een groot effect te zien, een sterken stroom op beide zenuwen aanwendden Onderstaande tabel neemt ook deze laatste serie op, die evenwel afzonderlijk zal moeten ter sprake komen.

	1 CEL GROVE, MET						2 GROVE,	
	1 × 1 m. Rheoch.		1 × 2 m. Rheoch.		2 × 2 m. Rheoch.		zonder Rheoch.	
	vertraging.	gem.	vertraging.	gem.	vertraging.	gem.	vertraging	gem
↓ S	−0.2, −0.1	−0.15	0.2, 0.1	0.15	1.5, ?	1.5	9.4, 7.4	8.4
O	−0.1, 0	−0.05	−0.1, −0.2	−0.15	0 0 2	0.1	1.5	1.5
↑ S	0.2, 0.3	0.25	1.8, 2	1.9	3.6, 2.9	3.25	4.1, 7.5	5.8
O	−0.1, −0.2	−0.15	0 , 0.1	0.05	−0.1, −0.3	−0.2	0.2, 2.6	1.4

De effecten van zwakke stroomen op de rechter zenuw zijn geheel gelijk aan die op de linker. De grootste stroomsterkte in de drie eerste reeksen is 1 Grove met slechts 2 × 2 meters Rheochord, en dus geringer dan op Blad II, waar tot 5 × 2 Rheochord gegaan werd. Hier nu, dat is bij 2 × 2 Rheochord, is het effect van O ↓ nog zeer problematisch, dat van S ↓ reeds zeer ontwikkeld. Naar Blad III en IV is dus de orde van ontstaan, bij van 0 stijgende stroomsterkte deze: S ↑, met sterk overwicht, S ↓, O ↓ weldra volgende, O ↑ veel later beginnende.

Volkomen ook beantwoorden de effecten van sterker prikkeling aan de vastgestelde wetten De prikkeling geschiedde met slechts 2 Grove, dus bij sterke middelmatige stroomen. Vergelijken wij de uitkomsten met die bij dezelfde stroomsterkte van 2 Grove, op konijn 1 verkregen, zoo vinden wij de verhouding in denzelfden zin. Alléén blijkt de gevoeligheid bij konijn 2 veel grooter te zijn. Om te doen zien, in welken zin op konijn 2 bij 1 en 4 Grove verandering te wachten ware geweest, worden deze met 2 Grove van een en hetzelfde konijn 1 hier vereenigd:

	KONIJN 2.	KONIJN 1.		
	2 Grove.	2 Grove.	4 Grove.	1 Grove.
↓S	8.4	1.6	2.6	1.25
O	1.5	0.85	0.45	1.25
↑S	5.8	1.15	0.2	1.45
O	1.4	0.65	1.1	0.4

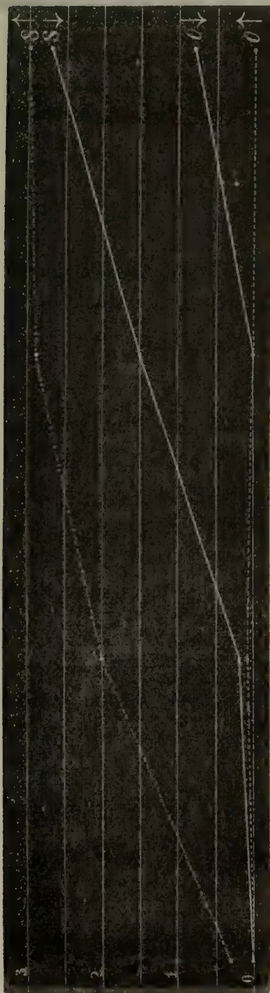
Blijkbaar is bij 2 Grove het grootste effect nog niet bereikt: S ↓ en O ↑ zouden nog zijn toegenomen, O ↓ en S ↑ bijna tot nul gedaald zijn. Ook in deze daling zou het effect van den stroom, namelijk, van den weerstand van den anelectrotonus en van den katelectrotonus, in zijne negatieve modificatie, gebleken zijn. Wij hebben hier dus, bij 2 Grove, het effect van een sterken middelmatigen stroom, waarbij in beide richtingen S en O nog effect hebben, en S ↑ zelfs nog veel grooter is dan O ↑.

Bleek de groote prikkelbaarheid dezer zenuwen bij zwakke stroomen, zij komt niet minder uit in het groot effect, door de betrekkelijk sterke stroomen verkregen. Een vertraging van 9.4 trillingen, over de 5 eerste perioden na de latente werking, zooals hier eenmaal bij S ↓ met 2 Grove voorkwam, is zeldzaam, en bijna zonder voorbeeld is het, met welke stroomen ook, door S ↑ een vertraging van 7.5 trilling te verkrijgen. Bij deze groote prikkelbaarheid geven intusschen de anelectrotonus en de negative modificatie van den katelectrotonus betrekkelijk weinig weerstand: S ↑ immers, welker golf het electrotonisch gebied passeeren moet, bereikt die aanzienlijke hoogte van 7.5 trilling, en een vertraging van 1.5 bij O ↓, nadat het ontstaan van den katelectrotonus door S ↑ 7.4 had gegeven, is ook buitengewoon. Van den beginne af gaven de zenuwen van dit konijn een zoo groot vertragingseffect. Zou de oorzaak hiervan dan niet veeleer in de ganglia van het hart dan in de zenuwen te zoeken zijn? Ik acht dit zeer waarschijnlijk. Zooveel

staat vast, dat men slechts bij enkele dieren zoo groote effecten verkrijgen kan, hoe men ook den prikkel versterke en de polarisatie der zenuw, blijkens den absoluten weerstand van het anelectrotonisch gebied, snel tot een maximum opvoere.

Uit de resultaten, Blad I, *Konijn* 1, werd een kromme opgemaakt der effecten van S en O (fig. 2), in beide richtingen, met 1, 2 en 4 Cellen Grove verkregen. De bij *Konijn* 2 verkregen groote effecten van prikkeling met zwakke stroomen geven gelegenheid, om voor deze hier een soortgelijke kromme te construeeren (fig. 3). Hiertoe worden, evenals voor de sterkere stroomen geschiedde, de omgangen van grootste effect gekozen, zijnde voor

Fig. 3.



↓ S en O, N°. 12, 5 en 1 van Blad IV, N°. 2 van Bl. III;
↑ S en O, N°. 11, 7 en 3 van Blad IV, N°. 4 van Bl. III.

Op Blad II was de prikkelbaarheid nog geringer, zoodat de vertragingen, aldaar bij 2 × 10 M. Rheochord genoteerd, niet in de reeks passen; alléén ontleende ik daaruit het begin van werking voor O ↑.

Men ziet, dat S ↑ bij de zwakste stroomen begint, aanvankelijk snel, weldra langzaam stijgt, terwijl O ↑ bij 2 × 5 Rh. nog = 0 gebleven is (de hoogst geringe vertraging bij 1 × 2 Rheochord is wel toevallig); voorts, dat al spoedig ook S ↓ eenig effect vertoont en regelmatig stijgt, terwijl O ↓ bij 2 × 5 M. Rh. ook actief geworden is.

De hier verkregen krommen stellen ons nu in staat, de vorige vrij wel te completeeren, niet door ze er onmiddellijk aan te verbinden (want daartoe zou de prikkelbaarheid der zenuw in beide gevallen hebben moeten gelijk zijn), maar door ze er evenredig aan

te passen. Onderstaande figuur komt daaruit te voorschijn (Fig. 4).

Fig. 4



Een blik op deze figuur leert ons de effecten als functie der stroomsterkte kennen. In twee wetten laat zich het resultaat samenvatten:

1°. *Met van* 0 *toenemende stoomsterkte komen effecten te voorschijn in de volgende orde:* a. *bij* S↑, b. *bij* S↓, c. *bij* O↓, d. *bij* O↑.

2°. *De effecten stijgen regelmatig tot* 4 *Grove voor* S↓ *en* O↑, *maar bereiken voor* S↑ *en* O↓ *veel vroeger hun maximum, om bij toenemende stroomsterkte te dalen.*

Konijn 3, beide nn. vagi doorgesneden, de proeven, prikkeling met constante stroom, geregistreerd op 4 bladen, te vinden als bijlage I, *Konijn* 3. Hier geef ik slechts de berekende gemiddelden, en wel het eerst, die van blad III en IV, als zich sluitende aan de zoo even verkregen uitkomsten.

Blad III.	linker zenuw.		rechter zenuw.			beide zenuwen.		
	3 Grove.	4 Gr.	1 Gr.	2 Gr.	4 Gr.	1 Gr.	2 Gr.	4 Gr.
↓S	0.9	1.2	2.5	2.03	2.1	3	3.75	4.25
O	0.2	0.1	0.65	0.4	0.08	0.3	0.5	0
↑S	0.2	0.3	1.43	0.6	0.13	2.8	0.9	0.2
O	0.3	0.05	0.43	1.45	2.18	0 ?	1.95	2.7

Rechter zenuw blijkt gevoeliger te zijn dan linker. Beide bevestigen de vastgestelde wetten: vindt men voor de rechter

zenuw bij S ↓ met 1 Grove reeds het maximum, zoo is dit aan de uitkomst eener enkele proef toe te schrijven, waarin, bij uitzondering, het effect buitengewoon groot was.

De groote vertraging, op Blad III verkregen, noopte mij, op een volgend Blad, de effecten van zwakker stroomen te registreeren. Onderstaande tabel vereenigt nu de gemiddelden der beide bladen, bij prikkeling der beide zenuwen.

	Blad IV. 1 Grove, met Rheochord			Blad III.		
	5 × 2 m.	10 × 2 m	20 × 2 m.	1 Grove.	2 Grove.	4 Grove.
↓ S	2.72	2.45	3.22	3	3.75	4.25
O	0.93	0.97	1.12	0.3	0.5	0
↑ S	2.03	1.48	1.58	2.8	0.9	0.2
O	0.38	0.46	0.78	1.3	1.92	2.7

In het algemeen bevestigen deze uitkomsten de vastgestelde regels. Wij zien S ↓ en vooral O ↑ zeer regelmatig stijgen met de stroomsterkte, en O ↓ en S ↑ eerst stijgende, dan dalende, om bij 4 Grove genoegzaam = 0 te worden. Werkelijk is dit de regel, en de nog zeer merkbare effecten van O ↓ en S ↑ bij 4 cellen Grove, zooals ze op fig. 4 zijn af te lezen, behooren tot de uitzondering; wij mogen aannemen, dat ze daar door sterker stroomen ook nog wel zouden zijn gereduceerd geworden. Overigens heb ik nog slechts op te merken, dat de hier vermelde proeven op *Konijn* 3 werden gedaan, toen de zenuwen reeds een paar uren waren doorgesneden. De alsnu verhoogde gevoeligheid verklaart de bij geringe stroomsterkten betrekkelijk groote effecten, en hare ongelijkmatige verdeeling over de verschillende punten der zenuw maakt het zeer begrijpelijk, dat een geringe verschuiving der electroden tot de afwijking aanleiding gaf, die enkele proeven vertoonen.

Op Blad I en II, korter na het doorsnijden der zenuwen verkregen, waren de effecten nog veel kleiner.

Blad I.	Niet polariseerbare elektroden. één zenuw.			beide zenuwen.	Platina-elektroden.	
	1 Grove.	2 Grove.	4 Grove.	4 Grove.	1 Grove.	4 Grove.
↓S	0.4	0.43	0.4	0.9	0.8	0.8
O	0.35	−0.1	0	0.1	0.5	?
↑S	0.45	0.15	0.1	?	0.8	0.3
O	0 25	0.2	0.2	1.1	?	0.9

Hoe gering ook, bevestigen deze effecten de vastgestelde wetten, het duidelijkst in het dalen van O↓ en S↑ bij boven 1 Grove stijgende stroomsterkte. S↓ en O↑ hebben bij 1 Grove genoegzaam haar maximum bereikt, grooter bij prikkeling der beide zenuwen en bij het gebruik van platina-electroden. Hetzelfde geldt ten aanzien van S↓, voor

Blad II.	Linker zenuw.			Beide zenuwen.		
	1 Gr.	2 Gr.	4 Gr.	1 Gr.	2 Gr.	4 Gr.
↓S	0.25	0.25	0.27	2.35	2	2.15
O	0.2	0.08	0.2	0.4	0.3	0.15
↑S	02.7	0.05	0	2.8	0.95	0.4
O	0.1	0.3	0.47	0.3	1	1.95

Maar wat O↑ betreft, bestaat hier blijkbaar nog een sterke stijging van het effect van 1 tot 4 eellen. Dat is de regel: O↑ bereikt zijn maximum eerst bij grooter stroomsterkte dan S↓. Het is geen zeldzaamheid, dat het effect van S↓ bij een stroomsterkte grooter dan 1 Grove stationair blijft en bij nog sterker stroomen afneemt. Zeer regelmatig zien wij, vooral bij gelijktijdige prikkeling der beide zenuwen, de effecten van S↑ en O↓ met stroomsterkten boven 1 Grove afnemen, en bij 4 Grove inderdaad zeer luttel worden.

Dat op versche zenuwen de effecten bij alle stroomsterkten gering blijven, en van S↓ al spoedig, van O↑ eerst bij ster-

der stroomen het maximum wordt bereikt, bevestigen de eerste bladen van

Konijn 4. Na doorsnijding der beide nn. vagi werden de proeven 4 uren lang voortgezet. Zonder eenige stoornis werden in dien tijd op 6 bladen meer dan 200 proeven verricht, bij klimmende gevoeligheid. Ik heb gemeend als een proeve der op een enkel konijn verkrijgbare uitkomsten de resultaten, trouwens rijk genoeg aan gewigtige bijzonderheden, in haar geheel in de bijbladen te mogen laten afdrukken (*konijn* 4). Reeds die van het eerste blad, zich sluitende aan de pas behandelde, zijn belangrijk. De *linker* zenuw werd geprikkeld. Zie hier de gemiddelden:

Blad I.	1 Grove.	2 Grove.	4 Grove.
↓S	0.33	0.8	0.6
O	0.3	0.25	0
↑S	0.43	0.3	0.17
O	0.3	0.35	0.57

Alweder S↑ en O↓ dalende bij een stroomsterkte van 1 tot 4 Grove, de laatste zelfs tot 0; alweder O↑ rijzende tot en met 4 Grove, en S↓ zijn maximum reeds vroeger (bij 2 Grove) bereikende, om bij 4 eenigszins te dalen. In alle opzichten worden deze cijfers door de bekende wetten beheerscht. Op nieuw blijkt ook hier, dat een groot effect door prikkeling der versche zenuw niet te verkrijgen is; want leerde S↓ ons niet onmiddellijk, dat het maximum bereikt is, het dalen van O↓ tot 0 zou het kunnen bewijzen: de katelectrotonus in zijn negatieve modificatie geeft absoluten weerstand

Met de resultaten van Blad I zijn nu te vergelijken die van Blad II, bevattende dezelfde reeksen voor de rechter zenuw, met dit vesschil alléén, dat op de linker de proeven onmiddellijk na de doorsnijding, op de rechter, 40 minuten later, zijnde de doorgesneden zenuw inmiddels tusschen de spieren verborgen geweest, verricht werden.

Blad II.	1 Grove.	2 Grove.	4 Grove.
↓S	1.66	2.1	1.15
O	0.98	0.2	0.15
↑S	1.04	0.1	0.15
O	1.46	1.95	2.45

De opmerkingen, onder de tabel van Blad I te vinden, zou ik hier letterlijk kunnen herhalen, zooals bij vergelijking van het daar gezegde met de cijfers der tabel van Blad II blijken kan. Alléén zijn de effecten hier veel grooter, en ik wil nog eens doen uitkomen, dat dit verschil zich heeft ontwikkeld, eenvoudig als effect van doorsnijding, zonder dat de zenuw was geprikkeld geworden. Voorts heeft zich nu ook de tegenstelling tusschen S ↓ en O ↑ met S ↑ en O ↓ reeds bij 2 Grove in volle kracht ontwikkeld, wat op Blad I eerst bij 4 cellen het geval was, en de wet van NOBILI doet zich dus gelden, al is de zenuw na de doorsnijding niet geprikkeld geworden. Let men niet op de gemiddelden, maar op de uitkomsten van iedere proef, dan is de overeenstemming hier weer grooter schier, dan men bij de genoemde bronnen van onregelmatigheid mogelijk zou achten.

Op Blad III heeft het overwicht van S ↓ boven O ↓ en O ↑ boven S ↑ zich, naar de wet van NOBILI, bij nog zwakker stroomen ontwikkeld dan in de vorige bladen, en wel bij 1 Grove. Overigens geldt op nieuw alles, wat uit de beide vorige bladen werd afgeleid. Geprikkeld werd weder de *linker* zenuw, evenals op Blad I. De gemiddelde uitkomsten zijn:

Blad III.	1 Grove.	2 Grove.	4 Grove.
↓S	1.08	1.4	0.6
O	0.4	−0.1	0
↑S	0.28	0	−0.1
O	0.63	0.9	1.15

De effecten zijn grooter dan die op Blad I, dus toegenomen.

Of de nog grootere effecten, bij prikkeling der rechter zenuw op Blad II verkregen, niet voor een deel oorspronkelijk reeds in de zenuw gegrond waren, zou ik niet durven beslissen.

Opmerking verdient het, dat, terwijl bij de grootste stroomsterkte het aanvankelijk stijgende effect van S ↓ weder afneemt en dat van O ↑ daarentegen gestadig toeneemt, bij 4 Grove, althans op Blad II en III, het effect van O ↑ dat van S ↓ aanzienlijk overtreft.

Blad IV, door prikkeling der rechter zenuw 2 uren 30′ na de doorsnijding verkregen, bevat twee reeksen van proeven, tot vergelijking der effecten van prikkeling, met de bovenste electrode óf onmiddellijk nabij, óf op 2 ctm. van de doorsnede der zenuw. De uitkomsten zijn:

n. dexter.		1 Grove. waarnem.	gem.	2 Grove. waarn.	gem.
I. Electroden 2 centimeter van doorsnede.	↓S	0.7, 0 , 1.3	0.67	2.3, 2.3?	2.3
	O	0.1, 0.9, 0.4	0.47	1.4, 0.2	0.8
	↑S	0.1, 0.4, 0.3	0.27	0	0
	O	3.7?, 2.2, 0.3	1.25	2.4	2.4
II Electroden nabij de doorsnede.	↓S	1.4, 0.9	1.15	1.8, 0.7	1.25
	O	−0.1, 0.1	0	0.1, 0.6	0.35
	↑S	0.1, 0	0.05	0.1	0.1
	O	−0.1, 0.2	0.05	0.6	0.6
Gemiddelde van I en II.	↓S		0.86		1.6
	O		0.28		0.58
	↑S		0.18		0.05
	O		0.65		1.5

Vergelijken wij de effecten der eerste reeks (electrode 2 centim. van de doorsnede) met die van Blad II, dan blijkt, dat zij, in het laatste uur, bij prikkeling met 2 Grove gelijk gebleven, met 1 Grove wat verminderd zijn. Wij constateeren verder, dat zij regelmatiger en in 't algemeen ook grooter zijn dan die der tweede reeks (electrode nabij de doorsnede), waar

alleen S ↓ tamelijk voldoende getallen geeft, — in zekere mate ook nog O ↑, — dus de gevallen, waarbij de golf van de electrode uitging, die van de meer afgestorvene doorsnede verwijderd lag. Overigens, ondanks grootere onregelmatigheden in de uitkomsten der afzonderlijke proeven, sluiten de gemiddelden zoowel van reeks I als van de vereenigde zich alweder aan de gewone regelen.

De reeksen van proeven, geregistreerd op Blad V, — prikkeling der rechter zenuw, terwijl de bovenste electrode 1 centimeter van de doorsnede verwijderd was, 3 uren 30′ na het doorsnijden, — allen bij 1 Grove, moesten leeren, in hoeverre de verschijnselen vele uren na doorsnijding der zenuwen en na herhaalde prikkeling gewijzigd, voorts, of van het bevochtigen met keukenzoutsolutie van $\frac{1}{200}$ (waarneming 9 tot 16) eenigerlei invloed te zien was.

Blad V.	I. Waarn. N°. 1 tot 8.	Gem.	II. Waarn. N°. 9—16.	Gem.	Gem. I en II.
↓S	2.4, 0.8, 1.8, 0.8, 0.5	1.26	1.2, 0.6, 0.4, 0.5	0.68	0.97
O	0, 0.1, 0, 0 2	0 08	0.1, 0.1	0.1	0.09
↑S	0.1, 0.1, 0.1, 0	0.08	0, 0.1, 0	0.03	0.06
O	0.3, 0.1, 0.2, 0	0.15	0.6, 0.4, 0.3	0.43	0.27

Vooreerst constateeren wij, dat, sedert de proeven van Blad III en vooral sedert die van Blad II, op dezelfde zenuw, de effecten van O ↓ en S ↑, bij 1 Grove, aanzienlijk zijn afgenomen. De reden hiervan ligt voor de hand. Op betrekkelijk kleinen afstand van de doorsnede, is, zóó vele uren na het doorsnijden, de gevoeligheid verminderd, en het is uit de nabijheid van die doorsnede, namelijk van de bovenste electrode, dat de werking bij O ↓ en S ↑ moet uitgaan. De uitkomsten van Blad IV, waarin de effecten van O ↓ en S ↑, bij 1 Grove, nabij de doorsnede zooveel geringer gevonden worden dan op een afstand van 2 centim. van die doorsnede, voerden reeds noodzakelijk tot die verklaring, welke ook hier aanwending vindt.

De effecten zijn hier overigens, na een paar uren, niet veel geringer geworden; maar de zenuw schijnt, blijkens de naar het

einde der reeksen bij gelijke prikkels afnemende effecten, spoediger te worden uitgeput. Hieraan is het ook wel toe te schrijven, dat in de tweede reeks de effecten geringer zijn dan in de eerste, — niet aan de bevochtiging met de zoutsolutie, die wel zonder invloed bleef.

Op Blad VI werden de effecten geregistreerd van irritatie der beide zenuwen te gelijk, zoover mogelijk van het doorsneevlak niet minder dan 5 uren na het doorsnijden, met stroomen van verschillende intensiteit, maar allen betrekkelijk zwak. Het overzicht geeft onderstaande tabel:

	1 Cel Grove met					
	2 × 5 m. Rheochord.		2 × 10 m. Rheochord.		2 × 20 m. Rh.	
	waarnemingen.	gem.	waarnem.	gem.	waarnem.	gem.
↓ S	4.5, 2.9, 2.1, 1.2	2.68	4 2, 4.5	4.35	3.6, 3.2	3.4
O	4 , 1.3, 4.1, 4.5	3.48	1.4, 2.2	1.8	1.2, 1.6	1.4
↑ S	3 , 3.9, 1.4, 1.1	2.35	2.1, 3.6	2.85	2.3, 2	2.15
O	1.1, 1.5, 0.9, 2.4	1.48	0.9, 1.3	1.1	1.8, 1	1.4

De effecten zijn hier bij zwakke prikkeling, ook wanneer wij in aanmerking nemen, dat beide zenuwen geprikkeld werden, bijzonder groot te noemen. Blijkbaar verkeerde dus de geprikkelde plaats, zoover mogelijk van de doorsnede verwijderd, nog in een toestand van verhoogde prikkelbaarheid, terwijl, zooals uit de proeven van Blad IV en V gebleken is, nabij de doorsnede, de gevoeligheid reeds sterk was afgenomen. Met die groote gevoeligheid moet het in verband staan (immers van vermoeienis door de prikkels blijkt weinig of niets), dat S ↓ en O ↑ zelfs niet tot 1 Grove, met 2 × 20 Rheochord, met de stroomsterkte stijgende blijven. Dat de effecten van O ↓ en S ↑ bij stijgende stroomsterkte afnemen, kan mede aan den weerstand bij de onderste electrode worden toegeschreven.

BIJLAGE I.

Konijn 3. Beide vagi ontbloot en doorgesneden.
Prikkeling met constanten stroom.
Blad I, onmiddellijk na doorsnijding, afwisselend een of beide zenuwen op niet polariseerbare, van 15—18 platina-elektroden, 1 ctm. van elkander.

I.	Prikkel			Duur in vijftienden eener secunde van				Aanmerkingen.
	wijze	van	op	5 perioden:		perioden	verschil	
N°.				*a.* vóór prikkel	*b.* ná prikkel	1ste, 2de (na latente werking)	*b—a*	
1	Constante stroom 1 cel Grove, niet polariseerbare elektroden.	↓ S	n. vagus sinister.	16.1	16.4	3.5	0.3	
		O		16	16.3	3.3 3.4	0.3	
2		↑ S		16.2	16.7	3.7 3.3	0 5	
		O		16.5	16.8	3.5 3.4	0.3	
3		↑ S		16.4	16.8	3.4 3.4	0.4	
		O		16.5	16.7	3.4 3.3	0.2	
4		↓ S		16.5	17	3.5 3.4	0.5	
		O		16.5	16.9	3.4 3 4	0.4	
5	id. id. 2 cellen Grove.	↓ S	n. vagus sinister.	16.3	17	3.6 3.4	0.7	
		O		16.5	16.5	3.4 3.2	0	
6		↑ S		16.5	16.6	3.3 3.3	0.1	
		O		16.5	16.7	3.3 3.4	0.2	
7		↑ S		16.4	16.6	3.3 3.5	0.2	
		O		16.5	16.7	3.3 3.5	0.2	
8		↓ S		16.5	16.8	3.4 3 4	0.3	O mislukt
8′		↓ S		16.6	16.9	3.4 3.4	0.3	
		O		16.9	16.7	3.3 3.4	-0.2	
9	id. id. 4 cellen Grove.	↓ S	n. vagus sinister.	16.6	16.7	3.4 3.4	0.1	
		O		16.8	16.7	3 3 3.4	-0.1	
10		↑ S		16.5	16.6	3.3 3.4	0.1	
		O		16.7	16.8	3.4 3.4	0.1	
11		↑ S		16.6	16.7	3.3 3.4	0.1	
		O		16.7	17	3.5 3.5	0.3	
12		↓ S		16.6	17.3	3.7 3.3	0.7	
		O		16.7	16.7	3.3 3.4	0	
13	id. id. id	↓ S	beide n.n.vagi.	16.8	17.7	3.8 3.7	0.9	
		O		17	17 1	3.4 3.6	0.1	
14		↑ S		16.2?	17.1	3.7 3.3	0.9?	
		O		16.7	17.8	3.8 3.6	1.1	
15	id. id. 1 cel Grove platina-elektroden.	↓ S	n. sinister.	16.8	17.6	3.5 3.6	0.8	
		O		17	17 5	3.6 3.5	0.5	
16		↑ S		16.8	17 6	3.4 3.4?	0.8	O mislukt.
17	id. id. 4 cellen Grove	↓ S	id. id.	16.8	17.6	3.6 3.5	0.8	
						3.5 3.4		
18		↑ S		16.7	17	3.4 3 4	0.3	
		O		16.6	17,5	3.4 3.6	0.9	

Blad II, 40 minuten na doorsnijding. Niet polariseerbare electroden, 1 ctm. van elkander, afwisselend op linker zenuw en op beide zenuwen.

II.	Prikkel			Duur in vijftienden eener secunde van					Aanmerkingen.
	wijze	van	op	5 perioden:		perioden		verschil	
Nº.				*a.* vóór prikkel	*b.* ná prikkel	1ste.	2de (na latente werking)	*b—a*	
1	Constante		n. vagus						
1′	stroom	↑ S	sinister	16.6	16.8	3.5	3.4	0.2	
	1 cel Grove	O		16.7	16.6	3.2	3.4	-0.1	
2		↑ S		16.7	16 9	3.6	3.3	0.2	
		O		16.8	16.8	3.4	3.3	0	
2′		↓ S		16.7	16.9	3.5	3.4	0.2	
		O		16.8	17	3.4	3.4	0.2	
3	id. id.	↓ S	n. vagus	16 8	16.9	3 5	3 4	0.1	
	2 cellen	O	sinister	16.7	16.8	3 3	3.5	0.1	
3′	Grove	↑ S		16.7	16 8	3.3	3.5	0.1	
		O		16.7	17	3.5	3.5	0.3	
4		↑ S		16.8	16.6	3.2	3.4	-0.2	
		O		16.8	17	3.5	3.5	0.2	
4′		↓ S		17	17.3	3.6	3.5	0.3	
		O		17.1	17	3.4	3.4	-0.1	
5	id. id.	↓ S	n. vagus	16.8	17.1	3.4	3.5	0.3	
	4 cellen	O	sinister	17	16.7	3 3	3.4	-0.3	
5′	Grove	↑ S		16.8	16.8	3.4	3.3	0	
		O		16.8	17 4	3.7	3.4	0.6	
6		↑ S		16.9	16.9	3.4	3.4	0	
		O		16.9	17.3	3.6	3 4	0.4	
6′		↓ S		17	17.1	3.5	3.4	0.1	
		O		17.1	17	3.4	3.4	-0.1	
7	id. id. id.	↓ S	beide	17.3	19.7	4.8	3.9	2.4	
	4 cellen	O	n. vagi	17.5	17.6	3 6	3.6	0.1	
7′	Grove	↑ S		17.5	17.2	3.4	3 4	-0.3	
		O		17.4	19 3	4.7	3.9	1.9	
8		↑ S		17	17.5	3 7	3.4	0.5	
		O		17.2	19.2	4.7	3.8	2	
8′		↓ S		17.1	19	3 6	4.6	1.9	
		O		17.4	17.6	3.6	3.4	0.2	
9	id. id.	↓ S	beide	17.2	19.4	4.9	3.9	2.2	S en O te
	2 cellen	O	n. vagi	10.9	10.7	3.5	3.6	-0.2	snel 3 peri-
9′	Grove	↑ S		17.4	18 2	3.8	3.6	0.8	oden op
		O		17.6	18.8	4	3.8	1.2	elkander.
10		↑ S		17 3	18.4	3 8	3.7	1.1	
		O		17.7	18 5	4	3.7	0.8	
10′		↓ S		17.5	19.3	4.7	3.8	1.8	
		O		17.6	18	3.3	3.8	0.4	

II. N°.	Prikkel wijze	van	op	Duur in vijftienden eener secunde van 5 perioden: *a.* vóór prikkel	 *b.* ná prikkel	 perioden 1ste.	 2de (na latente werking)	 verschil *b*—*a*	Aanmerkingen.
11	id. id.	↓ S	beide	17.2	19.9	5.1	3.9	2.7	
	1 cel Grove	O	n. vagi	13 9	14.2	3.5	3.6	0.3	4 perioden.
11′		↑S?		17.1	20.5	5.3	4.2	3.4	
		O?		17.4	17.8	3.7	3.4	0.4	
12		↑S?		16.9	19.1	4.4	4	2.2	
		O?		14.3	14.1	3.5	3 6	-0.2	
12′		↓ S		17	19	4.5	3.8	2	
		O		17.5	18	3.5	3.7	0.5	
13	id. id.	↓ S	n. vagus	17	17.3	3.7	3.5	0.3	
	1 cel Grove	O	sinister	17.2	17.4	3.5	3.4	0.2	
13′		↑ S		17	17.4	3.5	3.6	0.4	
		O		17.1	17.4	3.6	3.5	0.3	
14	id. id.	↑ S	n. vagus	17.2	17.2	3.7	3.4	0	
	2 cellen	O	sinister	13 7	13.9	3.6	3 2	0.2	4 perioden.
14′	Grove	↓ S		17.2	17.6	3.7	3.6	0.4	
		O		17.2	17.5	3.6	3.4	0.3	
15		↓ S		17.2	17.4	3.7	3.4	0.2	
		O		17 2	17.2	3.4	3.4	0	
15′		↑ S		17.1	17	3.3	3.4	-0.1	
		O		16.9	17.4	3.7	3.4	0.5	
16	id. id.	↓ S	n. vagus	17	17.4	3 6	3.6	0.4	
	4 cellen	O	sinister	17.2	17	3 3	3.5	-0.2	
16′	Grove	↑ S		17	17	3.4	3.4	0	
		O		16.9	17.3	3.6	3.5	0.4	

Blad III. 1 uur 40 minuten, na doorsnijding der zenuwen. Het dier is onrustig, geeft nu en dan schokken, die, ook nadat door tracheotomie bezwaren der ademhaling zijn weggenomen, niet geheel ophouden.

Afwisselend één en beide zenuwen op niet polariseerbare electroden.

III. N°.	Prikkel wijze	Prikkel van	Prikkel op	Duur in vijftienden eener secunde van 5 perioden: a. vóór prikkel	5 perioden: b. ná prikkel	perioden 1ste, (na latente werking)	perioden 2de	verschil b—a	Aanmerkingen
1	Constante stroom 1 cel Grove.	↓ S	n. vagus dexter.	18.2	20.3	3.7	4.6	2.1	O ontbreekt.
		O?							
1′		↑ S		18.4	20.3	4.5	4.1	1.9	
		O		19	19.2	4	3.8	0.2	
2		↑ S		18.3	20	4.3	4.1	1.7	
		O		18.8	19.6	4	4	0.8	
2′		↓ S		18.5	20.5	4.5	4.2	2	
		O		19	19.5	3.8	4	0.5	
3	id. id. 2 cellen Grove.	↓ S	n. vagus dexter.	18.1	20.4	4.3	4.4	2.3	
		O		18,9	19.5	4.1	4	0.6	
3′		↑ S		18.4	19.4	3 8	4	1	O ontbreekt.
4		↑ S		18.1	19.6	4.2	3.9	1.5	
		O		18.6	19.5	3.8	4	0.9	
4′		↓ S		18.5	20.3	4.5	4.2	1.8	
		O		11.5	11.7	3.8	3.9	0.2	
5	id. id. 4 cellen Grove.	↓ S	n. vagus dexter.	18.6	20.8	4.8	4.2	2.2	
		O		19.2	19	3.8	3.8	-0.2	
5′		↑ O		18.6	20.8	4.8	4.3	2.2	
6		↑ S		18.5	18.6	3.7	3.7	0.1	
		O		18.6	20.2	3.7	4.5	1.6	
6′		↓ S		18.6	20.8	4.6	4.5	2.2	
		O		11.6	11.6	4	3.8	0	
7	id. id. 4 cellen Grove.	↓ S	beide n.n. vagi	18.4	22.8	5.7	4.5	4.4	
		O		19.4	19.5	4	3.8	0.1	
7′		↑ S		18.6	18.8	3.3	3.9	0.2	
		O		15	17.7	5.2	4.4	2.7	
8		↑ S		18.9	19.1	3.8	3.8	0.2	
8′		↓ S		18.5	22.6	5.4	4.7	4.1	
		O		8	7.9	3.9	4	-0.1	
9	id. id. 2 cellen Grove.	↓ S	beide n.n. vagi	18.8	23	5.6	4.6	4.2	
		O		19.6	20.6	4.4	4.1	1	
9′		↑ S		18.9	19.6	4	4	0.7	
		O		15.6	17.5	4.6	4.7	1.9	
10		↑ S		18.8	19.9	4.3	4	1.1	
		O		15.4	17.4	5	4.2	2	
10′		↓ S		19	22.3	5.3	4.5	3.3	
		O		12	12	3.8	4.1	0	

III. Nº.	Prikkel wijze	van	op	Duur in vijftienden eener secunde van 5 perioden: a. vóór prikkel	b. ná prikkel	perioden 1ste, 2de (na latente werking)	verschil b—a	Aanmerkingen.
11	id. id. 1 cel Grove.	↓ S	beide n n. vagi	18.9	22.3	5.1 4.7	3.4	
		O		15.9	16.2	4 4.2	0.3	
11′		↑ S		18.6	21.5	5.3 4.2	2.9	
		O		11.7	11.7	3.9 3.9	0	
12		↑ S		18.7	21.4	5.2 4.3	2.7	
		O		19.2	19.2	3.8 3.8	0	
12′		↓ S		18.7	21.3	5.2 4.4	2.6	
13	id. id. 1 cel Grove.	↓ S	n. vagus dexter.	18.6	21.6	5.1 4.3	3	
		O		19.5	20.5	4.3 4.2	1	
13′		↑ S		18.9	19.5	3.8 4	0.6	
		O		11.4	11.7	3.9 4	0.3	
14		↑ S		18.4	19.9	4.2 4.1	1.5	
		O		18.9	19.3	3.9 3.8	0 4	
14′		↓ O		19.6	20.2	4.2 4.2	0.6	S ontbreekt.
15	id. id. 2 cellen Grove.	↓ S	n. vagus dexter.	18.6	18.5	3.7 3.8	-0.1 ?	
		O		14.9	14.9	3.8 3.6	0	
15′		↑ S		18.8	18.6	3.7 3.7	-0.2 ?	
		O		18.6	20.7	4.6 4.1	2.1	
16		↑ S		18.5	18.6	3.6 3.7	0.1	
		O		18.6	20.5	4.6 4.1	1 9	
16′		↓ S		18.8	20.8	4.7 4.3	2	
		O		15.4	15.8	3.8 4.1	0.4	
17	id. id. 4 cellen Grove.	↓ S	n. vagus dexter.	18.9	20.3	4.4 4	1.4	
		O		15.4	15 4	3.9 3.8	0	
17′		↑ S		18.7	18.9	3.8 3.8	0.2	
		O		18.7	21.4	4.8 4.4	2 7	
18		↑ S		18.4	18.9	4.1 3.6	0.5	
		O		18.6	20.8	4.9 4.1	2.2	
18′		↓ S		18.7	21.3	4.5 4.3	2.6	
		O		19.2	19.3	3.9 3.9	0.1	
19	id. id. 4 cellen Grove.	↓ S	n. vagus sinister.	18.6	19	4.3 4	1.2	
		O		11.3	11.4	3 9 3.8	0.1	
19′		↑ S		19	19.1	3.8 3.8	0.1	
		O		15.5	15.8	3.9 4.2	0.3	
19″		↑ S		11.4	11.9	4 4	0 5	
		O		7.8	7.6	3.8 3.8	0.2	
20	id. id. 3 cellen Grove.	↓ S	n. vagus sinister.	18	18.9	3.8 4	0.9	
		O		15.1	15.3	3.8 3.8	0.2	
20′		↑ S		15.1	15	3.9 3.6	-0.1	
		O		7.7	8	4.1 3.9	0.3	
20″		↑ S		18.4	18.9	3.7 3.9	0.5	

Blad IV, 2 uur 35′ na de doorsnijding der zenuwen. De schokken hebben nog niet geheel nagelaten.
Beide zenuwen op niet polariseerbare electroden, bij betrekkelijk zwakke stroomen geprikkeld.

IV. N⁰.	Prikkel wijze	van	op	Duur in vijftienden eener secunde van 5 perioden: a. vóór prikkel.	b. ná prikkel.	perioden 1ste. (na latente werking).	2de	verschil b − a	Aanmerkingen.
1	Constante stroom 1 cel Grove met 2 × 20 m rheoch., als neven-sluiting.	↓ S	beide nn. vagi?	18	21.5	5.1	4.2	3.5	gewone werking van electro-magneet op den kamer.
		O		18.7	19.8	4.3	4	1.1	
1′		↑ S		18.5	20.8	4.8	4.2	2.3	
2		↑ S		18.7	20.5	4.1	4.7	1.8	
		O		18.7	19	3.9	3.9	0.3	
2′		↓ S		18.6	21.3	4.9	4.5	2.7	
		O		18.9	20.1	4.4	4.2	1.2	
3	id. id. 1 cel Grove, met 2 × 10 m. rheoch.	↓ S	id. id.	18.7	21.5	5.1	4.5	2.8	
		O		19.2	19.6	3.9	4.1	0.4	
3′		↑ S		18.7	20.2	4.1	4.3	1.5	
		O		19	18.8	3.8	3.6	-0.2	
4		↑ S		18.6	21.6	5.1	4.5	3	
		O		19	18.5	3.8	3.6	-0.5	nog verlenging.
4′		↓ S		18.9	21.9	5.3	4.6	3	
		O		19.3	20	4.3	4	0.7	
5	id. id. 1 cel Grove, met 5 × 2 m. rheoch.	↓ S	id. id.	18.7	22	5.2	4.5	3.3	
		O		19.1	19.8	3.9	4.1	0.7	
5′		↑ O		19.5	18.8	3.6	3.9	-0.7	S ↑ mislukt.
6		↑ S		18.2	21.2	5.3	4.1	3	
		O		18.6	19.1	3.9	3.8	0.5	
6′		↓ S		18.7	22.3			3.6	
7	id. id. 1 cel Grove, met 5 × 2 m. rheoch.	↓ S	id. id.	19	21.8	5.5	4.3	2.8	zonder werking der electro-magneet op den kamer.
		O		19	19.7	4.1	3.9	0.7	
7′		↑ S		18.6	20.5	4.7	4.3	1.9	
		O		18.5	18.8	4	3.9	0.3	
8		↑ S		18.9	20.1	4.2	4.2	1.2	
		O		18.9	18.9	3.8	3.8	0	
8′		↓ S		19.2	22.5	5.7	4.5	3.3	
		O		18.8	20.4	4.5	4.3	1.6	
9	id. id. 1 cel Grove, met 10 × 2 m. rheoch.	↓ S	id. id.	18.7	21.9	5.3	4.5	3.2	
		O		19.1	20.1	4	3.4	1	
9′		↑ S		19.1	19.6	4.2	4	0.5	
		O		18.7	19	3.8	3.8	0.3	
10		↑ S		18.9	21.5	5.2	4.4	2.6	
		O		19	19.6	4.1	3.9	0.6	
10′		↓ S		19.3	22.3	5.3	4.5	3	
		O		19	20.6	4.5	4.1	1.6	

IV. No.	Prikkel wijze	van	op	Duur in vijftienden eener secunde van 5 perioden: a. vóór prikkel.	b. ná prikkel.	perioden 1ste. (na latente werking).	2de	verschil b—a	Aanmerkingen.
11′	id. id.	↑ S	id. id.	19 2	21.7	5.1	4.3	2.5	11 ontbreekt.
	1 cel Grove,	O		18.9	19.7	4.2	4.1	0.8	
12	met 20 × 2	↑ S		19.1	20.1	4.5	4.2	1	
	m. rheoch.	O		19	20.2	4.1	4.2	1.2	
12′		↓ S		19.4	22.6	5.4	4 6	3.2	
		O		19.8	20.9	4.6	4.2	1.1	gewone werking van electro-magneetopdenkamer.
13	id. id.	↓ S	id. id.	20.4	23.9	6.1	5	3.5	
	1 cel Grove,	O		8.3	9	4.3	4.7	0.7	2 perioden.
13′	met 20 × 2	↑ S		18.9	20.7	4.5	4.4	1.8	
	m. rheoch.	O		11.7	11.9	3.9	4.1	0 2	3 perioden.
14		↑ S		20.3	20.2	4 3	4	-0.1	
		O		12.4	12	3.8	4.1	-0.4	
14′		↓ S		19.1	22 6	5.9	4.6	3.5	
		O		20	21.5	4.6	4.3	1.5	
15	id. id.	↓ S	id. id.	19.5	21.2	4.8	4.3	1.7	
	1 cel Grove,	O		11.8	13	4.7	4.1	1.2	
15′	met 10 × 2	↑ S		19.8	20.2	4.2	4 1	0.4	
	m. rheoch.	O		15.7	16.6	3.9	4.4	0.9	
16		↑ S		20.3	21 2	4.2	4.6	0.9	
		O		12.2	13.3	3.6	4.1	1.1	
16′		↓ S		11.8	12.7	4.2	4.3	0.9	
		O		7.7	8.6	4.4	4.2	0.9	
17	id. id.	↓ S	id. id.	19.5	20.2	4.3	4	0.7	
	1 cel Grove,	O		19.7	20.4	4.3	3.9	0.7	
	met 5 × 2								
	m. rheoch.								

BIJLAGE II.

Konijn 4. Beide vagi zijn doorgesneden.
Prikkeling met constanten stroom bij verschillende stroomsterkten. Niet polariseerbare electroden.
Blad I. Electroden, 1 ctm. van elkander, linker n. vagus, onmiddellijk na doorsnijding der beide n.n. vagi.

I. N⁰.	Prikkel wijze	Prikkel van	Prikkel op	Duur in vijftienden eener secunde van 5 perioden: a. vóór prikkel	b. ná prikkel	perioden 1ste, 2de (na latente werking)	verschil b − a	Aanmerkingen.
1	Constante stroom 1 cel Grove.	↓ S	n. vagus sinister.	19	19.2	4 ?	0.2	
		O		19	19.3	4	0.3	
2		↑ S		19	19.4	4	0.4	
		O		18.9	19.2	4	0.3	
3		↑ S		18.9	19.5	4.1	0.6	
		O		18.8	19.1	3.9	0.3	
4		↓ S		19	19 2	3.9	0.2	
		O		19	19.5	4	0.5	
5	id. id. 1 cel Grove.	↓ S	id. id.	19	19.3	3.9	0.3	
		O		19	19.2	3.8	0.2	
6		↑ S		18.9	19.3	4	0.4	
		O		18.8	19.2	4	0.4	
7		↑ S		19.1	19.4	3.9	0.3	
		O		19 1	19.5	4	0.4	
8		↓ S		18.9	19.5	4	0.6	
		O		19	19.2	4	0.2	
9	id. id. 2 cellen Grove.	↓ S	id. id.	18.8	19.7	4	0.9	
		O		19	19	3.8	0	
10		↑ S		18.9	18.9	3.8	0	
		O		18.8	19.3	4	0.5	
11		↑ S		18.8	19.4	4	0.6	
		O		19	19.2	3.9	0.2	
12		↓ S		18.7	19 4	4	0.7	
		O		19	19.5	4	0.5	
13	id. id. 4 cellen Grove.	↓ S	id. id.	18.8	19.4	4.1	0.6	
		O		19	19	3.8	0	
14		↑ S		19	18.7	3.8	-0.3	
		O		18.9	19.3	4	0.4	
15		↑ S		19	18.8	3.8	-0.2	
		O		18.8	19.4	4.1	0.6	
16		↓ S		19	19.5	4	0.5	
		O		19.2	19.2	3.9	0	
17	id. id. 4 cellen Grove.	↓ S	id. id.	19	19.7	4.2	0.7	
		O		18.9	18.9	4	0	
18		↑ S		18.7	18.7	3.8	0	
		O		18.7	19.4	4.1	0.7	

Blad II. Electroden, 1 ctm. van elkander; rechter zenuw (tijdens de proef van Blad I was deze tusschen de spieren geborgen en bleek daar eenigszins door plastische stof te zijn vastgekleefd).

II. Nº.	Prikkel wijze	van	op	Duur in vijftienden eener secunde van 5 perioden: a. vóór prikkel	b. ná prikkel	perioden 1ste, 2de (na latente werking)	verschil b—a	Aanmerkingen.
1	Constante stroom 1 cel Grove.	↓ S	n. vagus dexter.	19.3	21.2	4.6	1.9	
		O		19.5	20.2	4.2	0.7	
2		↑ S		19.5	21.1	4.4 4 6	1.6	
		O		19.5	20.6	4.4	1.1	
3		↑ S		19.5	20.5	4.2	1	
		O		19.7	21 8	4.8	2.1	
4		↓ S		19.3	21	4.6	1.7	
		O		19.7	20.7	4.2	1	
5	id. id. 1 cel Grove.	↓ S	id. id.	19.6	21.2	4.5	1.6	
		O		19.6	21	4.5	1.4	
6		↑ S		19.4	20.9	4.5	1.5	
		O		19.7	20.6	4 4	0.9	
7		↑ S		19.5	20.3	4.2	0·8	
		O		19.6	21.4	4.6	1.8	
8		↓ S		19 6	21.8	4.7	2.2	
		O		19 6	20.6	4.4	1	
9	id. id. 2 cellen Grove.	↓ S	id. id.	19.6	22.3	5.1	2.7	
		O		19.8	19.7	4.1	-0.1	
10		↑ S		19.5	19.7	4.1	0.2	
		O		19.6	22 1	4.8	2.5	
11		↑ S		19.5	19.5	3.9	0	
		O		19.5	20.9	4.5	1.4	
12		↓ S		19 5	21	4.6	1.5	
		O		19.7	20	4.1	0.3	
13	id. id. 4 cellen Grove.	↓ S	id. id.	19.6	20.8	4.4	1.2	
		O		19.7	19.7	4	0	
14		↑ S		19.6	19.7	4	0.1	
		O		19 7	22	5	2.3	
15		↑ S		19 6	19.8	4	0.2	
		O		19.8	22.4	5.2	2 6	
16		↓ S		19.7	20 8	4.4	1.1	
		O		20	19.7	3.9	-0.3	
17	id. id. 1 cel Grove	↓ S	id. id.	19.7	20 6	4.3	0.9	
		O		19 9	20.7	4.2	0.8	
18		↑ S		20	19.7	4	-0.3	
		O		19.7	21.1	4.5	1.4	

Blad III. Electroden 1 centimeter van elkander, de bovenste nog 2 centimeters van de doorsnede der zenuw. Linker zenuw (als Blad I), 80 minuten na de doorsnijding: de zenuw was inmiddels, tijdens de proef van Blad II tusschen de spieren geborgen, maar werd hier niet vastgekleefd gevonden, zooals de rechter.

III. N°.	Prikkel wijze	Prikkel van	Prikkel op	Duur in vijftienden eener secunde van 5 perioden: a. vóór prikkel.	b. ná prikkel	perioden 1ste.	2de (na latente werking).	verschil b—a.	Aanmerkingen.
1	Constante stroom 1 cel Grove	↓ S	n. vagus sinister	20.5	21.3	4.6		0.8	
		O		20.5	20.9	4.3		0.4	
2		↑ S		20.5	21	4 3		0.5	
		O		20.7	21.5	4.6		0.8	
3		↑ S		20.4	20 8	4.3		0.4	
		O		20.5	20 9	4.2	4.2	0.4	
4		↓ S		20.1	21.8	4.9		1.7	
		O		20.3	20.9	4.4		0.6	
5	id. id. 2 cellen Grove	↓ S	id. id.	20.3	20 4	4 1?		0 1?	
		O		20.4	20.4	4 1?		0 ?	
6		↑ S		20.4	20.4	4.1		0	
		O		20.5	21.2	4 6		0.7	
7	id. id. 4 cellen Grove	↓ S	id. id.	20.5	21.2	4.4		0.7	
		O		20 7	20.7	4.1		0	
8		↑ S		20.5	20.4	4 1		-0.1	
		O		20.4	21.6	4.6		1.2	
9	id. id. 1 cel Grove	↓ S	id. id.	20.5	21.4	4.5		0 9	Om de zenuw, nabij de doorsnede, wordt een zijden draad vastgesnoerd.
		O		20.3	20.8	4.3		0.5	
10		↑ S		20.6	20.7	4 2		0.1	
		O		20.5	21.5	4.7		1	
11		↑ S		20.5	20.6	4 2		0.1	
		O		20.7	21	4.2		0 3	
12		↓ S		20.6	21 5	4.4		0.9	
		O		20.7	20.8	4.2		0.1	
13	id. id. 2 cellen Grove	↓ S	n. vagus sinister	20.6	22	4.8		1.4	
		O		20.7	20 6	4.2		-0.1	
14		↑ S		20.7	20.7	4.1		0	
		O		20.6	21.7	4.7		1.1	
15	id. id. 4 ce len Grove	↓ S	id. id.	20.6	21.1	4.4		0.5	
		O		20.7	20.7	4 1		0	
16		↑ S		20.6	20 5	4.1		-0.1	
		O		20.5	21.6	4.7		1.1	
17	id. id.	↓ S	id. id.	20 6	21.2	4.4		0.6	De bovenste electrode ligt bij de afgesnoerde plaats.
		O		20.6	20.6	4.2		0	

Blad IV. Rechter zenuw, 2 uren 30 minuten na de doorsnijding.

IV. N°.	Prikkel wijze	van		op	Duur in vijftienden eener secunde van 5 perioden: a. vóór prikkel	b. ná prikkel	perioden 1ste, 2de (na latente werking)	verschil b—a	Aanmerkingen.
									1 ontbreekt.
2	Constante stroom 1 cel Grove.	↓	S	n. vagus dexter.	21.2	21.9	4.2 4.7	0.7	Doorsnede der zenuw, 2 ctm. over de electroden uitstekende. wellicht ↑ O, S, O.
			O		21.3	21.4	4.3 4.2	0.1	
3		↑	S		21.3	21 4	4.3 4.3	0.1	
			O		21	24.7	6 2 5	3.7	
4		↑	S		21 3	21 7	4.5 4.4	0.4	
			O		21.3	23.5	5.4 4.8	2.2	
5		↓	S		21.3	21.3	4.3 4.2	0	
			O		21.2	22.1	4.7 4.4	0.9	
6	id. id. 2 cellen Grove.	↓	S	id. id.	21.2	23.5	5.3 4.8	2.3	
			O		21.1	22.5	4.9 4 4	1.4	
7		↓ ?	S		21	23.3	5.4 4.6	2.3	
			O		21.3	21.1	4.2 4.3	-0.2	
8		↑	S		21	21	4.2 4.1	0	
			O		21.6	23.5	5.2 4.8	1.9	
9	id. id. 2 cellen Grove.	↑	S	id. id.	21.4	21.3	4.2 4.3	-0.1	Doorsnede der zenuw, nauwelijks over de electroden uitstekende.
			O		21.3	21.9	4.4 4 4	0.6	
10		↓	S		21.2	23	5 4.7	1.8	
			O		21.4	21.3	4.2 4.3	-0.1	
11		↓	S		21.2	21.9	4.2 4.6	0.7	
			O		21.3	21 9	4.5 4.4	0.6	
12	id. id. 1 cel Grove.	↓	S	id. id.	21.2	22.6	4.9 4.6	1.4	
			O		21.4	21.3	4 3 4.3	-0.1	
13		↑	S		21.3	21.4	4.3 4.2	0.1	
			O		21.5	21 4	4.2 4 2	-0.1	
14		↑	S		21.5	21.5	4.3 4.3	0	
			O		21.4	21.6	4.4 4.3	0.2	
15		↓	S		21.4	22.3	4.4 4.6	0.9	
			O		21.4	21.5	4.3 4.2	0.1	
16	id. id. 1 cel Grove.	↓	S	id. id.	21.4	22.7	4.6 4 6	1.3	
			O		21.4	21.8	4.4 4.4	0.4	
17		↑	S		21.7	22	4 4 4.6	0.3	
			O		21.7	22	4.4 4.5	0.3	

Blad V. Rechter zenuw, bovenste electrode 1 ctm. van de doorsnede verwijderd, 3 uren 30 minuten na de doorsnijding der zenuw. Buiten de proef werd de zenuw steeds tusschen de spieren geborgen. Vóór N°. 9 werd de zenuw met keukenzout-oplossing van $\frac{1}{200}$ bevochtigd.

V. N°.	Prikkel wijze	van	op	Duur in vijftienden eener secunde van 5 perioden: a. vóór prikkel	b. ná prikkel	perioden 1ste, 2de (na latente werking)	verschil $b—a$	Aanmerkingen.
1	Constante stroom	↓ S	n. vagus	21.2	23.6	5.5 4.6	2.4	
1′	1 cel Grove.	↓ S	dexter.	21.5	22.3	4.3 4.7	0.8	O ontbreekt.
		O		21.5	21.5	4.3 4.4	0	
2		↑ S		21.4	21.5	4.3 4.3	0.1	
		O		21.4	21.7	4.3 4.5	0.3	
3		↑ S		21.5	21.6	4.3 4.3	0.1	
		O		21.5	21.6	4.3 4.4	0.1	
4		↓ S		21.5	23.3	4.9 4.9	1.8	
		O		21.8	21.7	4.4 4.3	-0.1	
5		↓ S		21.5	22.3	4.6 4.6	0.8	
		O		21.8	21.8	4.4 4.3	0	
6		↑ S		21.6	21.7	4.3 4.4	0.1	
		O		21.7	21.5	4.2 4.4	-0.2	
7		↑ S		21.7	21.7	4.3 4.4	0	
		O		21.8	21.8	4.4 4.3	0	
8		↓ S		21.7	22.2	4.6 4.3	0.5	
		O		21.7	21.5	4.3 4.4	-0.2	
								Zoutoplossing $^{1}/_{200}$, op de zenuw.
9	id. id.	↓ S	id. id.	21.8	23	4.9 4.6	1.2	O ?
10	1 cel Grove.	↑ S		21.8	21.8	4.5 4.3	0	
		O		21.7	22.3	4.5 4.5	0.6	
11		↑ S		22	21.9	4.3 4.4	-0.1	
		O		22	22.4	4.6 4.5	0.4	
12		↓ S		22.2	22.8	4.7 4.7	0.6	
		O		22.1	22	4.4 4.4	-0.1	
13		↓ S		22	22.4	4.4 4.7	0.4	14 ontbreekt.
		O		?	22	4.5 4.3	?	
15		↑ S		22	22	4.4 4.4	0	
		O		21.9	22.2	4.5 4.4	0.3	
16		↓ S		21.9	22.4	4.6 4.5	0.5	
		O		22	22.1	4.4 4.4	0.1	

Blad VI. Beide zenuwen, met de doorsneden verscheidene centimeters over de electroden heen hangende, en dus zoover mogelijk van de doorsneden geprikkeld.

VI.	Prikkel			Duur in vijftienden eener secunde van					Aanmerkingen.
	wijze	van	op	5 perioden:		perioden		verschil	
N°.				*a.* vóór prikkel.	*b.* ná prikkel.	1ste.	2de (na latente werking).	*b*—*a*	
1	Constante	↓ S	beide	22.4	26 9	6.8		4.5	
	stroom	O	n. vagi	22 8	26.8	6 9		4	
2	1 cel Grove,	↑ S		23	26	6.2		3	
	en 5 × 2 m.	O		23.3	24 4	5.3		1.1	
3	rheochord, als neven-	↑ S		23 5	27.4	7.1		3.9	
	sluiting	O		23.5	25	5.4		1 5	
4		↓ S		23.6	26.5	6.3		2.9	
		O		23.5	24 8	5 2		1.3	
5	id. id. id.	↓ S	id. id.	23.9	28.1	7		4.2	
	1 cel Grove,	O		24 1	25.4	5.5		1.3	
6	met 10 × 2	↑ S		23.7	25 8	5 2	5.6	2.1	
	m. rheoch,	O		23.9	24 8	5	5.2	0.9	
7	als neven-	↑ S		23 6	27.2	6 7	5.6	3.6	
	sluiting	O		23.7	25	5.3	4.9	1.3	
8		↓ S		23.9	28.4	7.3	5.7	4.5	
		O		24.5	26.7	5.9	5.4	2.2	
9	id. id.	↓ S	id. id.	24.1	27.7	6.9	5.9	3.6	
	1 cel Grove,	O		24 5	25.7	5.4	5 3	1.2	
10	met 20 × 2	↑ S		24 2	26.5	6	5.3	2 3	
	m. rheoch.,	O		24.4	26.2	5.8	5.3	1.8	
11	als neven-	↑ S		24.3	26.3	5.9	5.2	2	
	sluiting	O		24.5	25.5	5.3	5.3	1	
12		↓ S		24.2	27.4	6.5	5.5	3.2	
		O		24.6	26.2	5.8	5.2	1.6	
13	id. id.	↓ S	id. id.	24.6	26.7	6	4.5	2.1	
	1 cel Grove,	O		24.7	28 8	6.7	6	4 1	
14	met 5 × 2	↑ S		24 6	26	5.7	5 2	1 4	
	m. rheoch.,	O		24.8	25.7	5	5 5	0.9	
15	als neven-	↑ S		24 5	25.6	5 5	5 2	1.1	
	sluiting	O		24.4	26.8	6.1	5.5	2.4	
16		↓ S		24.5	25.7	5.5	5.2	1.2	
		O		24.7	29.2	7.3	5.9	4.5	

INHOUD

VAN

DEEL V. — STUK 1.

---

bladz.



GEDRUKT BIJ DE ROEVER - KRÖBER - BAKELS.

VERSLAGEN EN MEDEDEELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

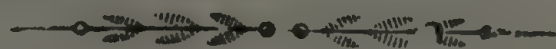
VAN

WETENSCHAPPEN.

Afdeeling NATUURKUNDE.

TWEEDE REEKS.

Vijfde Deel. — Tweede Stuk.



AMSTERDAM,
C. G. VAN DER POST.
1871.

OVER

DE BEWEGING VAN EEN ZWAAR LICHAAM

OM EEN VAST PUNT.

DOOR

Dr. P. VAN GEER.



I.

Wanneer het vaste rechthoekige coördinatenstelsel met den oorsprong in het vaste punt wordt gebracht, zoodanig dat de Z-as is gericht volgens de verticaal: en het veranderlijke stelsel volgens de drie hoofdassen voor dat punt, dan zijn de oorspronkelijke formulen, die de beweging van het lichaam uitdrukken *):

$$A\frac{dp}{dt} + (C - B)\,qr = mg(\beta c'' - \gamma c') \quad \ldots\ldots (1)$$

$$B\frac{dq}{dt} + (A - C)\,rp = mg(\gamma c - \alpha c'') \quad \ldots\ldots (2)$$

$$C\frac{dr}{dt} + (B - A)\,pq = mg(\alpha c' - \beta c) \quad \ldots\ldots (3)$$

Hierin zijn:

A, B, C, de momenten van inertie om de veranderlijke assen van X′, Y′, Z′, zijnde de hoofdassen van het lichaam voor het vaste punt;

p, q, r, de hoeksnelheden om die zelfde assen;

m, de massa van het lichaam;

g, de intensiteit der zwaartekracht;

*) Poisson, *Traité de mecanique*, II. no. 413.

α, β, γ, de coördinaten van het zwaartepunt op de veranderlijke assen;

c, c', c'', de cosinussen van de hoeken, die de Z-as maakt met de veranderlijke assen.

Door de hoeksnelheden uit te drukken in de Eulersche coördinaten ontstaan de bekende formulen:

$$p = Sin.\theta \, Sin.\varphi \frac{d\chi}{dt} - Cos.\varphi \frac{d\theta}{dt}, \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

$$q = Sin.\theta \, Cos.\varphi \frac{d\chi}{dt} + Sin.\varphi \frac{d\theta}{dt}, \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

$$r = \frac{d\varphi}{dt} - Cos.\theta \frac{d\chi}{dt}; \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

waarbij moet gevoegd worden:

$$c = - Sin.\theta \, Sin.\varphi, \quad c' = - Sin.\theta \, Cos.\varphi, \quad c'' = Cos.\theta \, . \, . \quad (7)$$

De negen formulen (1)—(7) zijn toereikend om de beweging van het lichaam te bepalen, als bevattende de tien onbekenden:

$$p, \; q, \; r, \quad c, \; c', \; c'', \quad \chi, \; \theta, \; \varphi, \; t.$$

Het doel der berekening is om de negen eersten in de laatste uit te drukken, dat is, om met behulp der zes laatste formulen de drie differentiaal-vergelijkingen der tweede orde te integreren.

In het algemeen kan de eliminatie der onbekenden niet volbracht worden; in den loop der bewerking zal blijken in welke bijzondere gevallen de mogelijkheid daartoe bestaat.

Beginnen wij door (1) met c, (2) met c', (3) met c'' te vermenigvuldigen en deze produkten op te tellen, dan vallen de tweede leden weg en de som wordt:

$$A c \frac{dp}{dt} + B c' \frac{dq}{dt} + C c'' \frac{dr}{dt} + (C - B) cqr + (A - C) c' rp + (B - A) c'' pq = 0;$$

of

$$A \left[c \frac{dp}{dt} + p (c' r - c'' q) \right] + B \left[c' \frac{dq}{dt} + q (c'' p - cr) \right] + C \left[c'' \frac{dr}{dt} + r (cq - c' p) \right] = 0.$$

Nu is volgens bekende cinematische formulen:

$$\frac{dc}{dt} = c'r - c'p; \quad \frac{dc'}{dt} = c''p - cr; \quad \frac{dc''}{dt} = cq - c'p;$$

waardoor de voorgaande formule overgaat in:

$$A\left(c\frac{dp}{dt} + p\frac{dc}{dt}\right) + B\left(c'\frac{dq}{dt} + q\frac{dc'}{dt}\right) + C\left(c''\frac{dr}{dt} + r\frac{dc}{dt}\right) = 0,$$

of integrerende:

$$A\,cp + B\,c'q + C\,c''r = l \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (8)$$

Zijnde eene eerste integraal der vergelijkingen (1)—(3), waarin l de willekeurige constante.

In de tweede plaats vermenigvuldigen wij (1) met p, (2) met q, (3) met r en tellen op dan ontstaat:

$$Ap\frac{dp}{dt} + Bq\frac{dq}{dt} + Cr\frac{dr}{dt} = mg\Big[p(\beta c'' - \gamma c') + q(\gamma c - \alpha c'') + r(\alpha c'' - \beta c)\Big]$$

$$= mg[\alpha(rc' - qc'') + \beta(pc'' - rc) + \gamma(qc - pc')] =$$

$$= mg\Big[-\alpha\left(Sin.\,\theta\,Cos.\,\varphi\frac{d\varphi}{dt} + Sin.\,\varphi\,Cos.\,\theta\frac{d\theta}{dt}\right)$$

$$+ \beta\left(Sin.\,\theta\,Sin.\,\varphi\frac{d\varphi}{dt} - Cos.\,\varphi\,Cos.\,\theta\frac{d\theta}{dt}\right) - \gamma\,Sin.\,\theta\frac{d\theta}{dt}\Big];$$

gevende na integratie:

$$Ap^2 + Bq^2 + Cr^2 = -2mg[\alpha Sin.\theta Sin.\varphi + \beta Sin.\theta Cos.\varphi - \gamma Cos.\theta] + h. (9)$$

zijnde een tweede integraal der vergelijkingen (1) en (3) met h tot willekeurige constante.

De beteekenis der vergelijkingen (8) en (9) ligt voor de hand, want de eerste drukt uit het *beginsel der sectoren* voor een vlak loodrecht op de richting der zwaartekracht; de tweede bevat het

beginsel der levendige krachten, omdat de factor van $2mg$ juist den verticalen afstand van het zwaartepunt tot het vaste punt voorstelt. Uitgaande van die beide beginselen had men dus terstond de vergelijkingen (8) en (9) kunnen opstellen.

De vergelijking (8) geeft door substitutie der waarden uit (4)—(7)

$$A \,Sin.\theta\, Sin.\varphi \left[Sin.\theta\, Sin.\varphi \frac{d\chi}{dt} - Cos.\varphi \frac{d\theta}{dt}\right] +$$

$$+ B \,Sin.\theta\, Cos.\varphi \left[Sin.\theta\, Cos.\varphi \frac{d\chi}{dt} + Sin.\varphi \frac{d\theta}{dt}\right] -$$

$$- C \,Cos.\theta \left[\frac{d\varphi}{dt} - Cos.\theta \frac{d\chi}{dt}\right] = l \;\;\ldots\ldots\; (10)$$

Evenzoo wordt (9):

$$A\left[Sin\,\theta\, Sin.\varphi \frac{d\chi}{dt} - Cos.\varphi \frac{d\theta}{dt}\right]^2 + B\left[Sin.\theta\, Cos.\varphi \frac{d\chi}{dt} + Sin.\varphi \frac{d\theta}{dt}\right]^2 +$$

$$+ C\left[\frac{d\varphi}{dt} - Cos.\theta \frac{d\chi}{dt}\right]^2$$

$$= - 2mg\,[\alpha\, Sin.\theta\, Sin.\varphi + \beta\, Sin.\theta\, Cos.\varphi - \gamma\, Cos.\theta] + h \;..\; (11)$$

Deze beide vergelijkingen kunnen nog eenigzins vereenvoudigd worden.

Vermenigvuldigt men daartoe (10) met $\frac{d\chi}{dt}$, en trekt dit produkt af van (11) dan wordt:

$$- A\, Cos.\varphi \frac{d\theta}{dt}\left[Sin.\theta\, Sin.\varphi \frac{d\chi}{dt} - Cos.\varphi \frac{d\theta}{dt}\right] +$$

$$+ B Sin.\varphi \frac{d\theta}{dt}\left[Sin.\theta Cos.\varphi \frac{d\chi}{dt} + Sin.\varphi \frac{d\theta}{dt}\right] + C \frac{d\varphi}{dt}\left[\frac{d\varphi}{dt} - Cos.\theta \frac{d\chi}{dt}\right] =$$

$$- 2mg[\alpha Sin.\theta\, Sin.\varphi + \beta\, Sin.\theta\, Cos.\varphi - \gamma\, Cos.\theta] + h - l \frac{d\chi}{dt} \;..\; (12)$$

Na rangschikking worden de vergelijkingen (10) en (12):

$$\frac{d\chi}{dt}\left[Sin.^2\,\theta\,(A\,Sin.^2\,\varphi + B\,Cos.^2\,\varphi) + C\,Cos.^2\,\theta\right] +$$

$$+ Sin.\,\theta\,Sin.\,\varphi\,Cos.\,\varphi\,\frac{d\theta}{dt}(-A + B) - C\,Cos.\,\theta\,\frac{d\varphi}{dt} = l\,.\,.\,(13)$$

$$\frac{d\chi}{dt}\,\frac{d\theta}{dt}\,Sin.\,\theta\,Sin.\,\varphi\,Cos.\,\varphi\,(-A + B) +$$

$$+ \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2(A\,Cos.^2\,\varphi + B\,Sin.^2\,\varphi) + C\,\frac{d\varphi}{dt}\left(\frac{d\varphi}{dt} - Cos.\,\theta\,\frac{d\chi}{dt}\right)$$

$$= -2mg\left[\alpha Sin.\theta Sin.\varphi + \beta Sin.\theta\,Cos.\varphi - \gamma Cos.\theta\right] + h - l\frac{d\chi}{dt}\,.\,(14)$$

Trekt men nu deze laatste vergelijking af van de voorgaande, die eerst met $\frac{d\chi}{dt}$ is vermenigvuldigd, dan blijft:

$$\left(\frac{d\chi}{dt}\right)^2\left[Sin.^2\,\theta\,(A\,Sin.^2\,\varphi + B\,Cos.^2\,\varphi) + C\,Cos.^2\theta\right] -$$

$$- \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2(A\,Cos.^2\,\varphi + B\,Sin.^2\,\varphi) - C\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 =$$

$$2mg\left[\alpha\,Sin.\,\theta\,Sin.\,\varphi + \beta\,Sin.\,\theta\,Cos\,\varphi - \gamma\,Cos.\,\theta\right] - h\;.\;.\;(15)$$

Van de drie vergelijkingen (13) — (15) kunnen twee willekeurig genomen worden, als onafhankelijke betrekkingen tusschen χ, θ, φ en t, zoodat nog ééne moet gevonden worden. Wellicht ware hier het *beginsel van den laatsten vermenigvuldiger* van JACOBI toe te passen, dat betrekking heeft op het geval, waar van drie differentiaal-vergelijkingen twee eerste integralen gevonden zijn, en hieruit de vermenigvuldiger voor de derde integraal moet bepaald worden; doch de samengesteldheid der bovenstaande vergelijkingen laat de toepassing van dat beginsel niet toe.

Om te trachten tot eene derde vergelijking te geraken kan men den volgenden weg inslaan.

Vermenigvuldigende (1) met Ap, (2) met Bq en (3) met Cr daarna optellende volgt:

$$A^2 p\frac{dp}{dt} + B^2 q\frac{dq}{dt} + C^2 r\frac{dr}{dt} =$$

$$= mg\left[Ap(\beta c'' - \gamma c') + Bq(\gamma c - \alpha c'') + Cr(\alpha c' - \beta c)\right]$$

$$= mg\left[\alpha(Crc' - Bqc'') + \beta(Apc'' - Crc) + \gamma(Bqc - Apc')\right]$$

$$= mg\left[\alpha\left\{-C\frac{d\varphi}{dt}Sin.\theta\, Cos.\varphi + (C-B)\frac{d\chi}{dt}Sin.\theta\, Cos.\theta\, Cos.\varphi - \right.\right.$$

$$\left. - B\frac{d\theta}{dt}Cos.\theta\, Sin.\varphi\right\}$$

$$+ \beta\left\{C\frac{d\varphi}{dt}Sin.\theta\, Sin.\varphi + (A - C)\frac{d\chi}{dt}Sin.\theta\, Cos.\theta\, Sin.\varphi - \right.$$

$$\left. - A\frac{d\theta}{dt}Cos.\theta\, Cos.\varphi\right\}$$

$$+ \gamma\left\{(A-B)\frac{d\chi}{dt}Sin.^2\theta\, Sin.\varphi\, Cos.\varphi - \frac{d\theta}{dt}Sin.\theta\,(A\, Cos.^2\varphi + \right.$$

$$\left.\left. + B\, Sin.^2\varphi)\right]\right\}. (16)$$

Blijkbaar is deze vergelijking in hare algemeenheid ongeschikt voor eenige verdere berekening of herleiding. Het eerste lid is wel geschikt voor integratie, doch het integreren van het tweede lid blijft, wel is waar het eenige, maar toch onoverkomelijk struikelblok van het vraagstuk, zoodat slechts die bijzondere gevallen voor oplossing vatbaar zijn, waarbij de kwadratuur van dat tweede lid kan bepaald worden.

Daartoe maken wij in de eerste plaats de onderstelling, dat het zwaartepunt van het lichaam ligt op een der hoofdassen voor het vaste punt, of wat op hetzelfde neêrkomt, dat het vaste punt is genomen op eene der natuurlijke assen (hoofdassen voor het zwaartepunt) waarvoor de Z'-as kan genomen worden, dan

is $\alpha = \beta = 0$; hierdoor gaat de laatste vergelijking over in:

$$A^2 p \frac{dp}{dt} + B^2 q \frac{dq}{dt} + C^2 r \frac{dr}{dt} = -mg\gamma\, Sin.\theta \left\{ (B-A) \frac{d\chi}{dt} Sin.\theta Sin.\varphi Cos.\varphi + \right.$$

$$\left. + \frac{d\theta}{dt} (A\, Cos.^2\varphi + B\, Sin.^2\varphi) \right\}$$

Hoewel deze vergelijking veel eenvoudiger is, kan zij niet geïntegreerd worden; slechts door eene zoodanige onderstelling zal dit gelukken, waarbij φ uit het tweede lid geheel verdwijnt. Blijkbaar zal dit slechts dan plaats hebben, wanneer $A = B$ wordt gesteld, dat is wanneer in verband met de eerste onderstelling, het lichaam als van omwenteling wordt aangenomen. Dan wordt ook het tweede lid geschikt voor integratie en er komt:

$$A^2 (p^2 + q^2) + C^2 r = 2\, A\, mg\gamma\, Cos.\theta + k \quad . \quad . \quad . \; (17)$$

waarin k de willekeurige constante voorstelt. In het bijzonder geval, waartoe wij nu gekomen zijn, geeft deze vergelijking de derde integraal der drie differentiaal-vergelijkingen, waardoor de oplossing van het vraagstuk mogelijk wordt, zoodat op nieuw blijkt *) hoe alleen de beweging kan bepaald worden, wanneer het lichaam van omwenteling is en het vaste punt geplaatst op de omwentelings-as.

De vergelijking (9) geeft voor $\alpha = \beta = o$ en $A = B$,

$$A(p^2 + q^2) + Cr^2 = 2\, mg\gamma\, Cos.\theta + h \quad . \quad . \quad . \quad . \; (18)$$

Uit (17) en (18) volgt:

$$r^2 = \frac{k - A\, h}{C\,(C - A)} = n^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \; (19)$$

of volgens (6):

$$\frac{d\varphi}{dt} - Cos.\theta \frac{d\chi}{dt} = n \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \; (20)$$

leerende de eenparigheid van de wenteling om de as, hetgeen ook terstond uit verg. (3) voortvloeit.

---

*) Poisson, II, n°. 425.

Verder geeft (18):

$$A(p^2 + q^2) = -Cn^2 + 2mg\gamma \, Cos.\,\theta + h\,;$$

of volgens (4) en (5):

$$A\left(Sin.^2\theta\left(\frac{d\chi}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2\right) = -Cn^2 + 2mg\gamma \, Cos.\,\theta + h \ldots (21)$$

In dezelfde onderstelling gaat (8) over in:

$$A\,Sin.^2\theta\frac{d\chi}{dt} = Cn\,Cos.\,\theta + l \;\ldots\ldots\ldots (22)$$

Nemen we nu aan, dat het lichaam in beweging is gebracht door een koppel van impulsie loodrecht op de omwentelings-as en op dat oogenblik die as een hoek α met de verticaal maakte, zoodat voor $t = o$, $\theta = \alpha$, $\frac{d\chi}{dt} = o$, $\frac{d\theta}{dt} = o$, dan geven de vergelijkingen (21), (22) en (20):

$$\left.\begin{aligned} Sin.^2\theta\left(\frac{d\chi}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 &= \frac{2mg\gamma}{A}(Cos.\,\theta - Cos.\,\alpha) \\ Sin.^2\theta\frac{d\chi}{dt} &= \frac{Cn}{A}(Cos.\,\theta - Cos.\,\alpha) \\ \frac{d\varphi}{dt} &= Cos.\,\theta\frac{d\chi}{dt} + n \end{aligned}\right\}\ldots (I)$$

Dit bekende stelsel vergelijkingen *) bepaalt het vraagstuk. Gebruik makende van de Jacobische theorie der elliptische functiën zullen we trachten de volledige oplossing der onbekenden te volbrengen.

---

*) Poisson, II, n°. 430.

II.

Door eliminatie van $\frac{d\chi}{dt}$ uit de beide eerste formulen (I) volgt:

$$Sin.^2\theta\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = (Cos.\theta - Cos.\alpha)\left\{\frac{2mg\gamma}{A}Sin.^2\theta - \left(\frac{Cn}{A}\right)^2(Cos.\theta - Cos.\alpha)\right\}$$

$$= \frac{2mg\gamma}{A}(Cos.\theta - Cos.\alpha)\left\{Sin.^2\theta - \frac{C^2 n^2}{2Amg\gamma}(Cos.\theta - Cos.\alpha)\right\}.$$

Stellende hierin:

$$\frac{A}{mg} = l, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

$$\frac{C^2 n^2}{2\,A\,mg\,\gamma} = \left(\frac{C\,n}{A}\right)^2 \frac{A}{m\gamma}\cdot\frac{1}{2g} = \left(\frac{C\,n}{A}\right)^2 \frac{l}{2g} = \alpha^2, \quad \ldots \quad (24)$$

wordt:

$$\left(Sin.\theta\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = \frac{2g}{l}(Cos.\theta - Cos.\alpha)\{Sin.^2\theta - \alpha^2(Cos.\theta - Cos.\alpha)\}$$

en

$$dt = \sqrt{\frac{l}{2g}}\frac{Sin.\theta\, d\theta}{\sqrt{(Cos.\theta - Cos.\alpha)\{Sin.^2\theta - \alpha^2(Cos.\theta - Cos.\alpha)\}}} \quad ..(25)$$

Volgens (23) stelt l voor de schommelings-lengte van het lichaam om eene horizontale as door het vaste punt. Dit wordt bevestigd door de formule (25) die de gewone slingerbeweging geeft, in het geval dat aan het lichaam geene omwentelende beweging is medegedeeld zoodat n en a nul worden.

Verder volgt uit de formulen (I) en (25):

$$d\chi = \frac{Cn}{A}\,\frac{Cos.\theta - Cos.\alpha}{Sin.^2\theta}\,dt$$

$$= \frac{Cn}{A}\sqrt{\frac{l}{2g}}\frac{(Cos.\theta - Cos.\alpha)\,Sin.\theta\, d\theta}{(1 - Cos.^2\theta)\sqrt{(Cos.\theta - Cos.\alpha)\{Sin.^2\theta - \alpha^2(Cos.\theta - Cos\,\alpha)\}}}$$

of door splitsing der breuk in twee andere:

$$d\chi = \tfrac{1}{2}a\left[\frac{1-Cos.\alpha}{1-Cos.\theta}\,\frac{Sin.\theta\,d\theta}{\sqrt{(Cos.\theta - Cos.\alpha)\{Sin.^2\theta - a^2(Cos.\theta - Cos.\alpha)\}}}\right.$$

$$\left. - \frac{1+Cos.\alpha}{1+Cos.\theta}\,\frac{Sin.\theta\,d\theta}{\sqrt{(Cos.\theta - Cos.\alpha)\{Sin.^2\theta - a^2(Cos.\theta - Cos.\alpha)\}}}\right] .(26)$$

Eindelijk wordt:

$$d\varphi = ndt + Cos.\theta\,d\chi = \left(n + \frac{Cn}{A}\,\frac{Cos.^2\theta - Cos.\alpha\,Cos.\theta}{Sin.^2\theta}\right)dt$$

$$= \left[n\left(1 - \frac{C}{A}\right) + \frac{Cn}{A}\,\frac{1 - Cos.\alpha\,Cos.\theta}{1 - Cos.^2\theta}\right]dt$$

$$= n\left(1 - \frac{C}{A}\right)dt + \frac{Cn}{2A}\left(\frac{1 - Cos.\alpha}{1 - Cos.} + \frac{1 + Cos.\alpha}{1 + Cos.\theta}\right)dt\,;$$

of

$$d\varphi = n\left(1 - \frac{C}{A}\right)dt +$$

$$+ \tfrac{1}{2}a\left[\frac{1-Cos.\alpha}{1-Cos.\theta}\,\frac{Sin.\theta\,d\theta}{\sqrt{(Cos.\theta - Cos.\alpha)\{Sin.^2\theta - a^2(Cos.\theta - Cos.\alpha)\}}}\right. +$$

$$\left. + \frac{1+Cos\,\alpha}{1+Cos.\theta}\,\frac{Sin.\theta\,d\theta}{\sqrt{(Cos.\theta - Cos.\alpha)\{Sin.^2\theta - a^2(Cos.\theta - Cos\,\alpha)\}}}\right] .(27)$$

De eenige in de formulen (25)—(27) te herleiden vorm is:

$$\frac{Sin.\theta\,d\theta}{\sqrt{(Cos.\theta - Cos.\alpha)\,\{Sin.^2\theta - a^2\,(Cos.\theta - Cos.\alpha)\}}},$$

waarvoor geschreven kan worden:

$$-\frac{d\,.\,Cos.\theta}{\sqrt{-(Cos.\theta - Cos.\alpha)\,\{Cos.^2\theta + a^2\,Cos.\theta - (1 + a^2\,Cos.\alpha)\}}}$$

stellende

$$Cos.\,\theta = x\,,\quad Cos.\,\alpha = x_0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (28)$$

wordt dit:

$$-\frac{dx}{\sqrt{-(x-x_0)\,\{x^2+a^2x-(1+a^2x_0)\}}}$$

of:

$$-\frac{dx}{\sqrt{-(x-x_0)\,(x-x_1)\,(x-x_2)}}.$$

Hierin is:

$$x_1 + x_2 = -a^2\ ,\quad x_1 x_2 = -(1+a^2x_0)$$

gevende

$$x_2 = -\frac{1-x_0x_1}{x_1-x_0}\,, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (29)$$

$$a^2 = \frac{1-x_1^{\,2}}{x_1-x_0}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (30)$$

De bestaanbaarheid van den wortelvorm eischt

$$x_0 < x < x_1 < 1$$

zoodat mag gesteld worden

$$x_1 = Cos.\,\beta \quad \ldots\ldots\ldots \quad (31)$$

als wanneer

$$\frac{\pi}{2} > \alpha > \theta > \beta,$$

of

$$\frac{\pi}{2} < \alpha < \theta < \beta,$$

naarmate de cosinussen gelijktijdig positief of negatief zijn.

Hieruit blijkt, dat α en β de grenzen zijn waartusschen θ voortdurend besloten blijft. De waarde van β uitgedrukt in de gegevens van het vraagstuk is:

$$Cos.\,\beta = -\tfrac{1}{2}a^2 + \sqrt{1 + a^2x_0 + \tfrac{1}{4}a^4},$$

zoodat vóór de oplossing de grenswaarden van den hoek θ kunnen bepaald worden.

De vergelijkingen (25)—(27) worden nu:

$$dt = -\sqrt{\frac{l}{2g}} \frac{dx}{\sqrt{-(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)}} \quad . \quad (32)$$

$$d\chi = -\tfrac{1}{2} a \left[\frac{1-x_0}{1-x} \frac{dx}{\sqrt{-(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)}} - \right.$$

$$\left. - \frac{1+x_0}{1+x} \frac{dx}{\sqrt{-(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)}}\right] \ . \ . \ . \ (33)$$

$$d\varphi = x\left(1-\frac{C}{A}\right) dt - \tfrac{1}{2} a \left[\frac{1-x_0}{1-x} \frac{dx}{\sqrt{-(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)}} + \right.$$

$$\left. + \frac{1+x_0}{1+x} \frac{dx}{\sqrt{-(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)}}\right] \ . \ . \ . \ (34)$$

Deze formulen, die de oplossing van het vraagstuk bevatten zijn geschikt voor herleiding tot elliptische integralen als bevattende onder het wortelteeken eene algebraische uitdrukking van den derden graad.

III.

Op twee wijzen kan de bovengenoemde herleiding tot stand gebracht worden *).

Voor beide substitutiën is:

$$k^2 = \frac{x_1 - x_0}{x_1 - x_2};$$

---

*) DURÈGE, *Theorie der elliptischen Functionen*, § 22 en § 76. Daar dit werk in het vervolg dikwijls zal aangehaald worden, zal het eenvoudig door de letter D worden aangeduid.

en dan voor de *eerste:*

$$Sin.\,^2\sigma = \frac{x - x_1}{x_0 - x_1},\ Cos.\,^2\sigma = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0},\ \Delta\,^2\sigma = \frac{x - x_2}{x_1 - x_2},$$

$$-\frac{dx}{\sqrt{-(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)}} = +\frac{2}{\sqrt{x_1 - x_2}}\frac{d\sigma}{\Delta\sigma}.$$

Voor de *tweede* substitutie:

$$Sin.\,^2\omega = \frac{1}{k^2}\frac{x-x_0}{x-x_2} = \frac{Cos.^2\,\sigma}{\Delta^2\,\sigma};$$

$$-\frac{dx}{\sqrt{-(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)}} = -\frac{2}{\sqrt{x_1 - x_2}}\frac{d\omega}{\Delta\omega}.$$

Wanneer nu alles weer wordt uitgedrukt in de hoeken θ, α en β dan is volgens de formulen (28)—(31)

$$x_2 = -\frac{1 - Cos.\,\alpha\, Cos.\,\beta}{Cos.\,\beta - Cos.\,\alpha},\ a^2 = \frac{Sin.\,^2\beta}{Cos.\,\beta - Cos.\,\alpha} \quad . . \ (35)$$

$$x_1 - x_2 = \frac{1 - 2\,Cos.\,\alpha\, Cos.\,\beta + Cos.\,^2\beta}{Cos.\,\beta - Cos.\,\alpha}, \quad . . . \ (36)$$

$$k^2 = \frac{(Cos.\beta - Cos\alpha)^2}{1 - 2\,Cos.\alpha Cos.\beta + Cos.^2\beta} = \frac{(Cos.\beta - Cos.\alpha)^2}{(Cos.\beta - Cos.\alpha)^2 + Sin.^2\alpha} \ ..(37)$$

$$k'^2 = 1 - k^2 = \frac{Sin.\,^2\alpha}{1 - 2\,Cos.\,\alpha\,Cos.\,\beta + Cos.\,^2\beta}. \quad . . \ (38)$$

Hierdoor geeft de formule (32)
met de *eerste* substitutie:

$$dt = +2\sqrt{\frac{l}{2g}}\sqrt{\frac{Cos.\,\beta - Cos.\,\alpha}{1 - 2\,Cos.\,\alpha\,Cos.\,\beta + Cos.\,^2\beta}}\frac{d\sigma}{\Delta\sigma};$$

of

$$t = 2\sqrt{\frac{l}{2g}}\sqrt{\frac{Cos.\beta - Cos.\alpha}{1-2Cos\,\alpha Cos.\beta + Cos.^2\beta}}\int_{\sigma_0}^{\sigma}\frac{d\sigma}{\Delta\sigma}; \quad (39)$$

met de *tweede* substitutie:

$$dt = -2\sqrt{\frac{l}{2g}}\sqrt{\frac{Cos.\beta - Cos.\alpha}{1-2\,Cos.\alpha\,Cos.\beta + Cos.^2\beta}}\frac{d\omega}{\Delta\omega},$$

$$t = -2\sqrt{\frac{l}{2g}}\sqrt{\frac{Cos.\beta - Cos.\alpha}{1-2Cos.\alpha Cos.\beta + Cos.^2\beta}}\int_{\omega_0}^{\omega}\frac{d\omega}{\Delta\omega}. \quad (40)$$

Bij de eerste substitutie is:

$$Sin.^2\sigma = \frac{x - x_1}{x_0 - x_1},$$

dus

$$x = x_0\,Sin.^2\sigma + x_1\,Cos.^2\sigma$$

of

$$Cos.\,\theta = Cos.\,\alpha\,Sin.^2\sigma + Cos.\,\beta\,Cos.^2\sigma, \quad \Bigg\} \ldots (41)$$

waarin voor $\sigma = 0$, $\theta = \beta$.

Stelt men

$$\int_0^{\sigma}\frac{d\sigma}{\Delta\sigma} = u,$$

dan wordt

$$t = 2\sqrt{\frac{l}{2g}}\sqrt{\frac{Cos.\beta - Cos.\alpha}{1-2\,Cos.\alpha\,Cos.\beta + Cos.^2\beta}}\,u,$$

of stellende

$$2\sqrt{\frac{l}{2g}}\sqrt{\frac{Cos.\beta - Cos.\alpha}{1-2\,Cos.\alpha\,Cos.\beta + Cos.^2\beta}} = M, \quad (42)$$

$$t = M\,u;$$

waarbij is aangenomen, dat men den tijd begint te tellen op het oogenblik, dat de hoek θ zijn kleinste waarde β bezit.

Zij T de halve schommeltijd, dat is de tijd die noodig is, opdat de hoek θ van de kleinste waarde β tot de grootste α komt, zoodat voor $\theta = \alpha$, $\sigma = \frac{\pi}{2}$, en

$$u = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\,\sigma}{\Delta\,\sigma} = \mathrm{K},$$

wordt, dan is

$$\mathrm{T} = \mathrm{M\,K},$$

waaruit volgt:

$$\mathrm{M} = \frac{\mathrm{T}}{\mathrm{K}},$$

$$t = \frac{\mathrm{T}}{\mathrm{K}}\,u, \quad u = \mathrm{K}\frac{t}{\mathrm{T}}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (43)$$

en

$$\sigma = am\,\mathrm{K}\frac{t}{\mathrm{T}}.$$

Hierdoor wordt volgens (41)

$$Cos.\,\theta = Cos.\,\alpha\,Sin.^2\left(am\,\mathrm{K}\frac{t}{\mathrm{T}}\right) + Cos.\,\beta\,Cos.^2\left(am\,\mathrm{K}\frac{t}{\mathrm{T}}\right) \ldots (44)$$

zoodat de hoek θ is uitgedrukt in t.

De formule (40) geeft niet zulke eenvoudige uitkomsten. Daarbij is

$$Sin.^2\,\omega = \frac{1}{k^2}\,\frac{x - x_0}{x - x_2},$$

dus

$$x = \frac{x_0 - k^2\,Sin.^2\,\omega\,.\,x_2}{1 - k^2\,Sin.^2\,\omega} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (45)$$

of

$$Cos.\,\theta = \frac{Cos.\,\alpha + k^2\,\dfrac{1 - Cos.\,\alpha\,Cos.\,\beta}{Cos.\,\beta - Cos.\,\alpha}\,Sin.^2\,\omega}{1 - k^2\,Sin.^2\,\omega}.$$

Hierin is voor $\omega = 0$, $\theta = \alpha$, zoodat de tijd begint te tellen, wanneer θ zijne *grootste* waarde α heeft, dat is op het oogenblik der impulsie. Stellende dan

$$\int_0^\omega \frac{d\,\omega}{\Delta\,\omega} = u_1\,,$$

wordt

$$t = -\mathrm{M}\,u_1 = -\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{K}}\,u_1\,,\ u_1 = -\mathrm{K}\,\frac{t}{\mathrm{T}}\ \ldots\ (46)$$

en

$$\omega = am\left(-\mathrm{K}\frac{t}{\mathrm{T}}\right)$$

zoodat $u_1 = -u$ mag gesteld worden, wanneer te gelijk de aanvang van de tijdsrekening wordt verplaatst, van de grootste waarde van θ naar de kleinste waarde.

Voor de berekening van θ blijft dus de formule (44) de meest geschikte. Zij komt geheel overeen met de formule voor den bolvormigen slinger (Zie DURÈGE, *theor. der ellipt. Funct.* § 76, *n.* (24)), zoodat alle uitkomsten daar verkregen, ook hier geldig zijn. De beweging heeft zoodanig plaats, dat de hoek θ in omgekeerde volgorde van de grootste waarde α tot de kleinste β afneemt, als hij van β tot α is gekomen, en na verloop van den tijd 2 T steeds dezelfde waarden van θ periodiek terugkeeren. De berekening der formule (44) wordt ter genoemde plaatse uitvoerig opgegeven.

IV.

Wij gaan over tot de herleiding der meer samengestelde hoofd-formulen (33) en (34). De *eerste* substitutie volbrengende wordt volgens (41):

$$\frac{1-x_0}{1-x} = \frac{1-x_0}{1-x_1+(x_1-x_0)Sin.^2\sigma} = \frac{1-Cos.\alpha}{1-Cos.\beta}\cdot\frac{1}{1+\dfrac{Cos.\beta-Cos.\alpha}{1-Cos.\beta}Sin.^2\sigma},$$

$$\frac{1+x_0}{1+x}=\frac{1+x_0}{1+x_1+(x_0-x_1)Sin.^2\sigma}=\frac{1+Cos.\alpha}{1+Cos.\beta}\cdot\frac{1}{1-\dfrac{Cos.\beta-Cos.\alpha}{1+Cos.\beta}Sin.^2\sigma}\;\cdots$$

Stellende hierin:

$$\frac{Cos.\beta-Cos.\alpha}{1-Cos.\beta}=n_1\;,\;-\frac{Cos.\beta-Cos.\alpha}{1+Cos.\beta}=n_2\;,$$

dan wordt lettende op (35) en (36):

$$\chi=\frac{Sin.\beta}{\sqrt{1-2Cos.\alpha Cos.\beta+Cos.^2\beta}}\left[\frac{1-Cos.\alpha}{1-Cos.\beta}\int\frac{d\sigma}{(1+n_1Sin.^2\sigma)\Delta\sigma}-\right.$$
$$\left.-\frac{1+Cos.\alpha}{1+Cos.\beta}\int\frac{d\sigma}{(1+n_2Sin.^2\sigma)\Delta\sigma}\right]\;.\;.\;.\;(47)$$

Evenzoo geeft formule (34):

$$\varphi=n\left(1-\frac{C}{A}\right)t+$$

$$+\frac{Sin.\beta}{\sqrt{1-2Cos.\alpha Cos.\beta+Cos.^2\beta}}\left[\frac{1-Cos.\alpha}{1-Cos.\beta}\int\frac{d\sigma}{(1+n_1Sin.^2\sigma)\Delta\sigma}+\right.$$
$$\left.+\frac{1+Cos.\alpha}{1+Cos.\beta}\int\frac{d\sigma}{(1+n_2Sin.^2\sigma)\Delta\sigma}\right]\;.\;.\;.\;(48)$$

Nemende nu de tweede substitutie, dan volgt uit (45):

$$\frac{1-x_0}{1-x}=\frac{(1-x_0)(1-k^2Sin.^2\omega)}{1-x_0-k^2Sin.^2\omega(1-x_2)}=\frac{1-k^2Sin.^2\omega}{1-\dfrac{1+Cos.\beta}{Cos.\beta-Cos.\alpha}.k^2Sin.^2\omega},$$

$$\frac{1+x_0}{1+x}=\frac{(1+x_0)(1-k^2Sin.^2\omega)}{1+x_0-(1+x_2)k^2Sin.^2\omega}=\frac{1-k^2Sin.^2\omega}{1+\dfrac{1-Cos.\beta}{Cos.\beta-Cos.\alpha}k^2Sin.^2\omega}.$$

Stellende nu:

$$-k^2\frac{1+Cos.\beta}{Cos.\beta-Cos.\alpha}=m_1\;,\;+k^2\frac{1-Cos.\beta}{Cos.\beta-Cos.\alpha}=m_2\;.\;.\;(49)$$

wordt;

$$\frac{1-x_0}{1-x} = \frac{\Delta^2\omega}{1+m_1 \, Sin.^2\omega},$$

$$\frac{1+x_0}{1+x} = \frac{\Delta^2\omega}{1+m_2 \, Sin.^2\omega};$$

zoodat de formulen (33) en (34) overgaan in:

$$\chi = -\frac{Sin.\beta}{\sqrt{1-2Cos.\alpha\, Cos.\beta + Cos.^2\beta}}\left\{\int\frac{\Delta^2\omega\, d\omega}{(1+m_1\, Sin.^2\omega)\Delta\omega} - \right.$$

$$\left. -\int\frac{\Delta^2\omega\, d\omega}{(1+m_2\, Sin.^2\omega)\Delta\omega}\right\} \quad \ldots\ldots (50)$$

$$\varphi = n\left(1-\frac{C}{A}\right)t - \frac{Sin.\beta}{\sqrt{1-2Cos.\alpha Cos.\beta + Cos.^2\beta}}\left\{\int\frac{\Delta^2\omega\, d\omega}{(1+m_1 Sin.^2\omega)\Delta\omega} + \right.$$

$$\left. + \int\frac{\Delta^2\omega\, d\omega}{(1+m_2 Sin.^2\omega)\Delta\omega}\right\} \quad \ldots\ldots (51)$$

De formulen (50) en (51) eenvoudiger zijnde dan de formulen (47) en (48), zoo zullen wij in het vervolg alleen van de *tweede* substitutie gebruik maken en tot grondslag der verdere berekeningen de formulen (50) en (51) in verband met (49) nemen.

De integralen in deze formulen kunnen terstond tot elliptische integralen der derde soort herleid worden, die m_1 of m_2 tot *parameter* hebben.

Omdat volgens (49)

$$-1 < m_1 < -k^2,$$

$$0 < m_2 < \infty,$$

behooren al deze integralen tot de klasse der *intégrales à paramètre circulaire.*

Volgens D. § 69 moet nu gesteld worden:

$$\left.\begin{aligned} m_1 &= -k^2\, Sin.^2\, am\,(ia_1 + K) \\ m_2 &= -k^2\, Sin.^2\, am\,(ia_2) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (52)$$

Verder is voor het geval (D. § 78 (29)):

$$m = -k^2 \, Sin.^2 \, am\, a \, ,$$

$$\int_0^\omega \frac{\Delta^2 \omega \, d\omega}{(1 + m \, Sin.^2 \, \omega) \, \Delta \, \omega} = u_1 - \frac{Cotg. \, am \, a}{\Delta \, am \, a} \, \Pi(u_1 \, a) \, ,$$

waarin

$$u_1 = \int_0^\omega \frac{d\omega}{\Delta \omega} \, .$$

Derhalve

$$\int_0^\omega \frac{\Delta^2 \omega \, d\omega}{(1 + m_1 \, Sin.^2 \omega) \Delta \omega} = u_1 - \frac{Cotg. am(ia_1 + K)}{\Delta \, am\,(ia_1 + K)} \, \Pi(u_1 , ia_1 + K)$$

$$\int_0^\omega \frac{\Delta^2 \omega \, d\omega}{(1 + m_2 \, Sin.^2 \, \omega) \, \Delta \, \omega} = u_1 - \frac{Cotg. \, am\,(ia_2)}{\Delta \, am\,(ia_2)} \, \Pi(u_1 \, , ia_2) .$$

Maar volgens de formulen D. (18) § 10 is:

$$\frac{Cotg. am\,(ia_1 + K)}{\Delta \, am\,(ia_1 + K)} = - i \frac{Sin. \, am\,(u_1 \, k') \, \Delta \, am\,(a_1 \, k')}{Cos. \, am\,(a_1 \, k')} \, ,$$

en volgens D. (12) § 8:

$$\frac{Cotg. \, am\,(ia_2)}{\Delta \, am\,(ia_2)} = - i \frac{Cos. \, am\,(a_2 \, k')}{Sin. \, am\,(a_2 \, k') \, \Delta \, am\,(a_2 \, k')} \, .$$

waarin k' gegeven wordt door de formule (38).

Door substitutie wordt dus:

$$\int_0^\omega \frac{\Delta^2 \omega \, d\omega}{(1 + m_1 Sin.^2 \omega) \, \Delta \omega} = u_1 + i \frac{Sin. am(a_1 k') \Delta am(a_1 k')}{Cos. \, am(a_1 k')} \Pi(u_1 , ia_1 + K) . (53)$$

$$\int_0^\omega \frac{\Delta^2 \omega \, d\omega}{(1 + m_2 Sin.^2 \omega) \Delta \omega} = u_1 + i \frac{Cos. \, am(a_2 k')}{Sin. am(a_2 k') \Delta am(a_2 k')} \, \Pi(u_1 , ia_2) . (54)$$

Tevens is volgens D. (18) § 10:

$$\left.\begin{aligned}
\Delta^2 am(a_1 k') &= \frac{1}{Sin.^2 am(ia_1+K)} = -\frac{k^2}{m_1} = \frac{Cos.\beta - Cos.\alpha}{1+Cos.\beta} \\
Sin.^2 am(a_1 k') &= \frac{1-\Delta^2}{k'^2} = \frac{1-2\,Cos.\alpha\,Cos.\beta + Cos.^2\beta}{(1-Cos.\alpha)(1+Cos.\beta)} \\
Cos.^2 am(a_1 k') &= \frac{(Cos.\beta - Cos.\alpha)(1-Cos.\beta)}{(1-Cos.\alpha)(1+Cos.\beta)}
\end{aligned}\right\}. (55)$$

Evenzoo volgens D. (12) § 8.

$$\left.\begin{aligned}
Cos.^2 am(a_2 k') &= \frac{1}{Cos.^2 am(ia_2)} = \frac{k^2}{m_1+k^2} = \frac{Cos.\beta - Cos.\alpha}{1-Cos.\alpha} \\
Sin.^2 am(a_2 k') &= \frac{1-Cos.\beta}{1-Cos.\alpha} \\
\Delta^2 am(a_2 k') &= \frac{(Cos.\beta - Cos.\alpha)(1+Cos.\beta)}{1-2\,Cos.\alpha\,Cos.\beta + Cos.^2\beta}
\end{aligned}\right\}. (56)$$

Door overbrenging der waarden uit (55) in (53) en uit (56) in (54) volgt:

$$\int_0^\omega \frac{\Delta^2\omega\, d\omega}{(1+m_1 Sin.^2\omega)\Delta\omega} = u_1 + \frac{\sqrt{1-2Cos.\alpha Cos.\beta+Cos.^2\beta}}{Sin.\beta}\, i\Pi(u_1, ia_1+K),$$

$$\int_0^\omega \frac{\Delta^2\omega\, d\omega}{(1+m_2 Sin.^2\omega)\Delta\omega} = u_1 + \frac{\sqrt{1-2Cos.\alpha Cos.\beta+Cos.^2\beta}}{Sin.\beta}\, i\Pi(u_1, ia_2);$$

zoodat de formulen (50) en (51), wanneer de oorsprong van tijd wordt genomen voor $\theta = \alpha$, overgaan in

$$\chi = -\{i\Pi(u_1, ia_1+K) - i\Pi(u_1, ia_2)\}$$

$$\varphi = n\left(1-\frac{C}{A}\right)t - 2\frac{Sin.\beta}{\sqrt{1-2\,Cos.\alpha\,Cos.\beta + Cos.^2\beta}}\,u_1 -$$

$$-\{i\Pi(u_1, ia_2+K) + i\Pi(u_1, ia_2)\}.$$

In deze laatste formule is volgens (46) en (24)

$$n \frac{C}{A} t = - n \frac{C}{A} M u_1 = - a \sqrt{\frac{2g}{l}} M u_1$$

en nu volgens de waarde van M uit (42) en van a uit (35)

$$\frac{nC}{A} t = - 2 \frac{Sin.\, \beta}{\sqrt{1 - 2\, Cos.\, \alpha\, Cos.\, \beta + Cos.^2 \beta}} u_1 ,$$

zoodat φ deze eenvoudiger waarde verkrijgt:

$$\varphi = nt - \{ i\, \Pi (u_1, i a_1 + K) + i\, \Pi (u, i a_2) \} .$$

Stellen wij nu nog $u_1 = - u$, door volgens eene vroeger gemaakte opmerking, den oorsprong van tijd te verplaatsen van $\theta = \alpha$ naar $\theta = \beta$, en bedenken daarbij dat:

$$\Pi (- u, a) = - \Pi (u, a),$$

zoo volgt

$$\chi = i\, \Pi (u, i a_1 + K) - i\, \Pi (u, i a_2) . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (57)$$

$$\varphi = nt + i\, \Pi (u, i a_1 + K) + i\, \Pi (u, i a_2) \; . \; . \; . \; . \quad (58)$$

welke vrij eenvoudige formulen moeten dienen om de waarde van χ en φ in den tijd uit te drukken.

Beide zijn hier gegeven in de Jacobische functie Π, die samenhangt met de elliptische integralen van de derde soort.

V.

Schrijven wij voor de verdere berekening de formulen (57) en (58) in den vorm:

$$\chi = i \{ \Pi (u, i a_1 + K) - \Pi (u, i a_2) \} . \; . \; . \; . \; . \quad (59)$$

$$\varphi = nt + i \{ \Pi (u, i a_1 + K) + \Pi (u, i a_2) \} , \; . \; . \; . \quad (60)$$

en maken verder gebruik van een optellings-theorema, nl.: (JACOBI, *Fundamenta nova*, § 54).

$$\Pi(u,a)+\Pi(u,b)=\Pi(u,a+b)+uk^2\,Sin.am\,a\,Sin.am\,b\,Sin.am(a+b)$$
$$+\tfrac{1}{2}\log\frac{\theta(a-u)\,\theta(b-u)\,\theta(a+b+u)}{\theta(a+u)\,\theta(b+u)\,\theta(a+b-u)}.$$

Door toepassing hiervan wordt:

$$\Pi(u,ia_1+K)\mp\Pi(u,ia_2)=$$
$$\Pi\big(u,i(a_1\mp a_2)+K\big)\mp uk^2\,Sin.am(ia_1+K)\,Sin.am(ia_2)\,Sin.am\big(i(a_1\mp a_2)+K\big)$$
$$+\tfrac{1}{2}\log\frac{\theta(u-ia_1-K)\,\theta(u\pm ia_2)}{\theta(u+ia_1+K)\,\theta(u\mp ia_2)}\cdot\frac{\theta\big(i(a_1\mp a_2)+K+u\big)}{\theta\big(i(a_1\mp a_2)+K-u\big)}\quad . \; . \; (61)$$

Men heeft ook de herleidingsformule: (SCHLÖMILCH, *Comp. der h. Anal.* II, bladz. 464)

$$i\,\Pi(u,ia+K)=u\left[\frac{-k'^2\,Sin.\,am(ak')\,Cos.\,am(ak')}{\Delta\,am\,(ak')}+\right.$$
$$\left.+\frac{\pi a}{2KK'}+Z\,(ak')\right]+\frac{i}{2}\log\frac{\theta\,(u-K-ia)}{\theta\,(u+K+ia)}\;;$$

waaruit volgt, daarbij bedenkende dat $\theta(-u)=\theta(u)$:

$$i\Pi\big(u,i(a_1\mp a_2)+K\big)=u\left[\frac{-k'^2 Sin.am(a_1\mp a_2,k')\,Cos.am(a_1\mp a_2,k')}{\Delta\,am\,(a_1\mp a_2,\,k')}+\right.$$
$$\left.+\frac{\pi(a_1\mp a_2)}{2\,KK'}+Z\,(a_1\mp a_2,k')\right]+\frac{i}{2}\log\frac{\theta\big(i(a_1\mp a_2)+K-u\big)}{\theta\big(i(a_1\mp a_2)+K+u\big)}.$$

Hierdoor gaat form. (61) over in:

$$i\{\Pi(u,ia_1+k)\mp\Pi(u,ia_2)\}=u\left[-\frac{k'^2 Sin.am(a_1\mp a_2,k')\,Cos.am(a_1\mp a_2,k')}{\Delta\,am\,(a_1\mp a_2,\,k')}\mp\right.$$
$$\mp ik^2\,Sin.am(ia_1+K)\,Sin.am(ia_2)\,Sin.am\big(i(a_1\mp a_2)+K\big)+\frac{\pi(a_1\mp a_2)}{2\,KK'}+$$
$$\left.+Z\,(a_1\mp a_2,\,k')\right]+\frac{i}{2}\log\frac{\theta\,(u-ia_1-K)\,\theta\,(u\pm ia_2)}{\theta\,(u+ia_1+K)\,\theta\,(u\mp ia_2)}\quad . \; . \; (62)$$

Om de goniometrische functiën van *am* $(a_1 \mp a_2)$ te berekenen maken wij gebruik van de bekende optellings-formule (JACOBI, *Fundamenta* § 18):

$$Sin.\,am\,(a_1 \pm a_2, k') =$$
$$\frac{Sin.am(a_1k')Cos.am(a_2k')\Delta am(a_2k') \pm Sin.am(a_2k')Cos.am(a_1k')\Delta am(a_1k')}{1-k'^2\,Sin.^2\,am\,(a_1k')\,Sin.^2\,am\,(a_2k')},$$

en substitueren hierin de waarden uit (55) en (56), dan wordt na eenige herleiding:

$$Sin.\,am\,(a_1 \pm a_2\,,\,k') =$$
$$= \frac{\dfrac{Cos.\beta - Cos.\alpha}{1-Cos.\alpha} \pm \dfrac{Cos.\beta - Cos.\alpha}{1-Cos.\alpha}\,\dfrac{1-Cos.\beta}{1+Cos.\beta}}{1 - \dfrac{1+Cos.\alpha}{1-Cos.\alpha}\cdot\dfrac{1-Cos.\beta}{1+Cos.\beta}} = \frac{(1+Cos.\beta)\pm(1-Cos.\beta)}{2}$$

derhalve:

$$Sin.\,am\,(a_1 + a_2\,,\,k') = 1$$
$$am\,(a_1 + a_2\,,\,k') = \frac{\pi}{2};$$

en

$$Sin.\,am\,(a_1 - a_2\,,\,k') = Cos.\,\beta\,,$$
$$am\,(a_1 - a_2\,,\,k') = \frac{\pi}{2} - \beta = \beta'.$$

Deze onverwachte uitkomsten zijn bijzonder dienstig tot vereenvouding der formulen. Want nu wordt volgens (59), (60) en (62):

$$\chi = u\Big[-\frac{k'^2\,Sin.\,\beta\,Cos.\,\beta}{\Delta\,(\beta'\,k')} -$$
$$-\,i\,k^2\,Sin.\,am\,(ia_1 + K)\,Sin.\,am\,(ia_2)\,Sin.\,am\big(i(a_1 - a_2) + K\big) +$$
$$+\frac{\pi\,(a_1 - a_2)}{2\,K\,K'} + Z\,(a_1 - a_2\,,\,k')\Big]$$
$$+\frac{i}{2}\,log.\,\frac{\theta\,(u - ia_1 - K)\,\theta\,(u + ia_2)}{\theta\,(u + ia_1 + K)\,\theta\,(u - ia_2)}\,; \quad .\;.\;.\;.\;. \quad (63)$$

en

$$\varphi = nt + u\Big[ik^2 Sin.am(ia_1 + K) Sin.am(ia_2) Sin.am\big(i(a_1+a_2)+K\big) +$$

$$+ \frac{\pi(a_1 + a_2)}{2KK'} + Z(a_1 + a_2, k')\Big]$$

$$+ \frac{i}{2} log. \frac{\theta(u - ia_1 - K)\,\theta(u - ia_2)}{\theta(u + ia_1 + K)\,\theta(u + ia_2)} \quad \ldots\ldots\ldots (64)$$

Nu is volgens (52):

$$Sin.^2 am(ia_1 + K) = \frac{1 + Cos.\beta}{Cos.\beta - Cos.\alpha},$$

$$Sin.^2 am(ia_2) = -\frac{1 - Cos.\beta}{Cos.\beta - Cos.\alpha};$$

en verder

$$Sin.am\big(i(a_1 - a_2) + K\big) = \frac{1}{\Delta\, am(a_1 - a_2, k')} = \frac{1}{\Delta(\beta' k')}$$

$$Sin.am\big(i(a_1 + a_2) + K\big) = \frac{1}{\Delta\, am(a_1 + a_2, k')} = \frac{1}{k}$$

ook is volgens (38):

$$\Delta(\beta' k') = k' \frac{1 - Cos.\alpha\, Cos.\beta}{Sin.\alpha} \quad \ldots\ldots\ldots (65)$$

Door substitutie hiervan worden de twee eerste termen tusschen [ ] in (63):

$$-\frac{k' Sin.\beta Cos.\beta Sin.\alpha}{1 - Cos.\alpha Cos.\beta} + \frac{k^2}{k'} \frac{Sin.\beta Sin.\alpha}{(Cos\,\beta - Cos.\alpha)(1 - Cos.\alpha Cos.\beta)} = -k' Cot.\alpha\, Sin.\beta;$$

en de eerste term tusschen [ ] in (64):

$$-k\frac{Sin.\beta}{Cos.\beta - Cos.\alpha} = -k'\frac{Sin.\beta}{Sin.\alpha}.$$

Hierdoor geven de formulen (63) en (64):

$$\chi = u\left[-k' \,Cot.\,\alpha\, Sin.\,\beta + \frac{\pi(a_1 - a_2)}{2\,K\,K'} + Z(a_1 - a_2, k')\right] +$$

$$+ \frac{i}{2}\, log.\, \frac{\theta(u - K - ia_1)}{\theta(u + K + ia_1)} \cdot \frac{\theta(u + ia_2)}{\theta(u - ia_2)} \;.\;.\;.\; (65)$$

$$\varphi = nt + u\left[-k' \frac{Sin.\,\beta}{Sin.\,\alpha} + \frac{\pi(a_1 + a_2)}{2\,K\,K'} + Z(a_1 + a_2, k')\right] +$$

$$+ \frac{i}{2}\, log.\, \frac{\theta(u - K - ia_1)}{\theta(u + K + ia_1)} \cdot \frac{\theta(u - ia_2)}{\theta(u + ia_2)} \;.\;.\;.\; (66)$$

Bedenkt men hierbij dat volgens (43) de grootheid u is uitgedrukt in t, dan blijkt dat de bovenstaande formulen de oplossing geven der hoeken χ en φ als *functiën van den tijd*, hetgeen het doel onzer berekening was. De vormen θ en Z, die hierin voorkomen zijn de beide bekende Jacobische functiën.

VI.

Stelt men in de formulen (65) en (66) de waarde voor u, uitgedrukt in t volgens (43) namelijk:

$$u = K \frac{t}{T},$$

dan worden zij:

$$\chi = \left[-k' K\, Cot.\alpha\, Sin.\beta + \frac{\pi(a_1 - a_2)}{2\,K'} + K\,Z(a_1 - a_2, k')\right]\frac{t}{T} +$$

$$+ \frac{i}{2}\, log.\, \frac{\theta(u - K - ia_1)}{\theta(u + K + ia_1)} \cdot \frac{\theta(u + ia_2)}{\theta(u - ia_2)},$$

$$\varphi = \left[\,nT - k' K \frac{Sin.\,\beta}{Sin.\,\alpha} + \frac{\pi(a_1 + a_2)}{2\,K'} + K\,Z(a_1 + a_2, k')\right]\frac{t}{T} +$$

$$+ \frac{i}{2}\, log.\, \frac{\theta(u - K - ia_1)}{\theta(u + K + ia_1)} \cdot \frac{\theta(u - ia_2)}{\theta(u + ia_2)};$$

of, stellende:

$$\left.\begin{aligned} -k'\mathrm{K}\,Cot.\alpha Sin.\beta + \frac{\pi(a_1 - a_2)}{2\,\mathrm{K}'} + \mathrm{K\,Z}(a_1 - a_2\,, k') = \Psi \\ n\,\mathrm{T} - k'\mathrm{K}\frac{Sin.\,\beta}{Sin.\,\alpha} + \frac{\pi(a_1 + a_2)}{2\,\mathrm{K}'} + \mathrm{K\,Z}(a_1 + a_2\,, k') = \Phi \end{aligned}\right\}\;.\;.\;(67)$$

wordt:

$$\left.\begin{aligned} \chi = \frac{\Psi}{\mathrm{T}}t + \frac{i}{2}log.\frac{\theta(u - \mathrm{K} - ia_1)}{\theta(u + \mathrm{K} + ia_1)}\cdot\frac{\theta(u + ia_2)}{\theta(u - ia_2)} \\ \varphi = \frac{\Phi}{\mathrm{T}}t + \frac{i}{2}log.\frac{\theta(u - \mathrm{K} - ia_1)}{\theta(u + \mathrm{K} + ia_1)}\cdot\frac{\theta(u - ia_2)}{\theta(u + ia_2)} \end{aligned}\right\}\;.\;.\;(68)$$

Nu bestaan de tweede leden ieder uit twee termen, waarvan de eerste evenredig met den tijd toeneemt, doch de tweede periodiek is. Volgens hetgeen omtrent een dergelijken algebraischen vorm is meêgedeeld in DURÈGE § 78 verdwijnt het periodieke gedeelte in beide formulen voor

$$u = o; = \mathrm{K}; = 2\,\mathrm{K}; = 3\,\mathrm{K}\ \text{enz.}$$

zoodat deze overeenkomstige waarden van t, θ, χ, φ plaats hebben:

$$\begin{aligned} t &= o, = \mathrm{T}, = 2\,\mathrm{T}, = 3\,\mathrm{T}, = 4\,\mathrm{T}, \ldots\ldots \\ \theta &= \alpha, = \beta, = \alpha, = \beta, = \alpha, \ldots\ldots \\ \chi &= o, = \Psi, = 2\,\Psi, = 3\,\Psi, = 4\,\Psi, \ldots\ldots \\ \varphi &= o, = \Phi, = 2\,\Phi, = 3\,\Phi, = 4\,\Phi, \ldots\ldots \end{aligned}$$

terwijl de beweging van het lichaam uit onderling gelijk- en gelijkvormige deelen bestaat, die met het tijdsverloop $2\,\mathrm{T}$ en de doorloopen hoeken $2\,\Psi$ en $2\,\Phi$ overeenkomen. Elk gelijk- en gelijkvormig gedeelte bestaat weêr uit twee symmetrische deelen, zoodat de beweging op dezelfde wijze toeneemt voor β naar α, als zij was afgenomen voor α naar β. Door middel van de tafels, door JACOBI en anderen gegeven, kunnen de waarden der

periodieke functiën voor elke u dus ook voor elke t berekend worden.

Nu moeten nog de grootheden Ψ en Φ, wier mechanische beteekenis is gebleken, nader onderzocht worden.

Volgens de formule (D. § 63):

$$Z(u) = E(u) - \frac{E}{K} u ,$$

is:

$$Z(a_1 - a_2 ,\ k') = E(a_1 - a_2 ,\ k') - \frac{E'}{K'}(a_1 - a_2) ,$$

$$Z(a_1 + a_2 ,\ k') = E(a_1 + a_2 ,\ k') - \frac{E'}{K'}(a_1 + a_2) .$$

Dit gesubstitueerd in de formulen (67) volgt:

$$\Psi = -k' K \, Cot.\alpha \, Sin.\beta + \frac{a_1 - a_2}{K'}\left(\frac{\pi}{2} - K E'\right) + K E(a_1 - a_2, k')$$

$$\Phi = n T - k' K \, Sin.\beta + \frac{a_1 - a_2}{K'}\left(\frac{\pi}{2} - K E'\right) + K E(a_1 + a_2, k')$$

Maar volgens de formule (D. § 70):

$$K'E + KE' - KK' = \frac{\pi}{2} \ldots\ldots\ldots (69)$$

is

$$\frac{\pi}{2} - KE' = K'(E - K) .$$

Hierdoor wordt:

$$\Psi = -k' K \, Cot.\alpha \, Sin.\beta + (a_1 - a_2)(E - K) + K E(a_1 - a_2, k') .$$

$$\Phi = n T - k' K \frac{Sin.\beta}{Sin.\alpha} + (a_1 + a_2)(E - K) + K E(a_1 + a_2, k') .$$

Nu is vroeger gevonden:

$$am(a_1 + a_2 ,\ k') = \frac{\pi}{2} ,$$

$$am(a_1 - a_2 ,\ k') = \frac{\pi}{2} - \beta = \beta' ;$$

derhalve van de elliptische functiën tot de elliptische integralen teruggaande:

$$a_1 + a_2 = K',$$
$$a_1 - a_2 = F(\beta' k').$$

Hieruit volgt, wanneer de elliptische integralen der tweede soort volgens DURÈGE door het teeken E_1 worden aangewezen:

$$\Psi = - k' K \, Cot.\alpha \, Cos.\beta' + (E-K) \, F(\beta' k') + K \, E_1 (\beta' k'), \quad (70)$$

$$\Phi = nT - k' K \frac{Sin.\beta}{Sin\ \alpha} + (E-K) \, K' + K \, E'.$$

De laatste vergelijking wordt terstond door de betrekking (69) vereenvoudigd en geeft:

$$\Phi = nT - k' K \frac{Sin.\beta}{Sin.\alpha} + \frac{\pi}{2}.$$

Verder is

$$T = MK;$$

dus zie (42)

$$K = \frac{T}{M} = T \sqrt{\frac{g}{2\,l} \cdot \frac{Cos.\beta - Cos.\alpha}{1 - 2 \, Cos.\alpha \, Cos.\beta + Cos.^2\beta}};$$

en volgens (37) en (35):

$$K = \frac{T\,k\,a}{Sin.\beta} \sqrt{\frac{g}{2\,l}};$$

eindelijk volgens (24)

$$K = \frac{T\,Cn\,k}{2\,A\,Sin.\beta};$$

dit overgebracht geeft:

$$\Phi = nT \left(1 - \frac{C\,k\,k'}{2\,A\,Sin.\alpha}\right) + \frac{\pi}{2}.$$

Deze vrij eenvoudige formule geeft de waarde van Φ. Men ziet terstond dat zij grooter of kleiner dan $\frac{\pi}{2}$ zal zijn, naarmate

$$1 \lessgtr \frac{C\,k\,k'}{2\,A\,Sin.\,\alpha}$$

of

$$2\,A\,Sin.\,\alpha \gtrless C\,k\,k'.$$

Wanneer bij de hoekbeweging in φ, (de beweging van den aequator boven de lijn der knopen) de oorspronkelijke rotatie om de as van het lichaam buiten rekening wordt gelaten, moet van Φ de eerste term nT afgetrokken worden, en dan blijkt, dat zij steeds kleiner is dan $\frac{\pi}{2}$, en te meer, naarmate die oorspronkelijke beweging grooter is.

Nu blijft nog over de beschouwing van Φ, die gegeven wordt door de formule (70) welke formule hare eenvoudigste gedaante heeft verkregen.

Stelt men in deze formule $\beta = o$ dus $\beta' = \frac{\pi}{2}$, dan wordt de eerste term nul; $F(\beta' k')$ wordt K' en $E_1(\beta' k')$ wordt E', zoodat in die onderstelling

$$\Psi = (E - K)\,K' + KE' = \frac{\pi}{2}$$

wordt. Dit laat zich uit den aard der zaak verklaren, want β is nul voor $n = o$, dat is wanneer geene wentelende beweging aan het lichaam wordt meegedeeld, zoodat de beweging in die van den eenvoudigen slinger overgaat. Om verder na te gaan welke invloed de oorspronkelijke wenteling op de waarde van Ψ uitoefent, moet de verg. (70) gedifferentiëerd worden met betrekking tot β, want volgens (24) en (35) nemen β en n gelijktijdig toe, totdat voor $n = \infty$, $\beta = \alpha$ wordt.

Nu is

$$\frac{d\,\Psi}{d\,\beta} = \left(\frac{d\,\Psi}{d\,\beta'}\right)\left(\frac{d\,\beta'}{d\,\beta}\right) + \left(\frac{d\,\Psi}{d\,(k'^2)}\right)\left(\frac{d\,(k'^2)}{d\,\beta}\right)$$

$$= -\frac{d\,\Psi}{d\,\beta'} + \left(\frac{d\,\Psi}{d\,(k'^2)}\right)\left(\frac{d\,(k'^2)}{d\,\beta}\right).$$

Uit verg. (70) vloeit voort:

$$\frac{d\Psi}{d\beta'} = + k' \mathrm{K}\, cot\, \alpha\, Sin.\, \beta' - \frac{\mathrm{K-E}}{\Delta(\beta' k')} + \mathrm{K}\, \Delta(\beta' k'),$$

waarin volgens (65)

$$\Delta(\beta' k') = k' \frac{1 - Cos.\, \alpha\, Cos.\, \beta}{Sin.\, \alpha},$$

derhalve

$$\frac{d\Psi}{d\beta'} = k' \mathrm{K}\, cot.\, \alpha\, Cos.\, \beta + k' \mathrm{K} \left(\frac{1}{Sin.\, \alpha} - cot.\alpha\, Cos.\beta\right) - \frac{\mathrm{K-E}}{\Delta(\beta' k')}$$

$$= + \frac{k' \mathrm{K}}{Sin.\, \alpha} - \frac{\mathrm{K-E}}{\Delta(\beta' k')}.$$

Verder is:

$$\left(\frac{d\Psi}{d(k'^2)}\right) = - \frac{\mathrm{K}\, Cot.\, \alpha\, Sin.\, \beta}{2k'} - k'\, Cot.\, \alpha\, Sin.\, \beta\, \frac{d\mathrm{K}}{d(k'^2)}$$

$$+ \mathrm{F}(\beta' k') \frac{d(\mathrm{E-K})}{d(k'^2)} + (\mathrm{E-K}) \left(\frac{d\, \mathrm{F}(\beta' k')}{d(k'^2)}\right)$$

$$+ \mathrm{E}_1(\beta' k') \frac{d\mathrm{K}}{d(k'^2)} + \mathrm{K} \left(\frac{d\, \mathrm{E}_1(\beta' k')}{d(k'^2)}\right).$$

Maar volgens DURÊGE § 80 is:

$$\frac{d\mathrm{K}}{d(k'^2)} = - \frac{\mathrm{K}}{2k'^2} + \frac{\mathrm{K-E}}{2k^2 k'^2};\quad \frac{d(\mathrm{E-K})}{d(k'^2)} = \frac{\mathrm{K}}{2(k'^2)} - \frac{\mathrm{K-E}}{2(k'^2)};$$

$$\left(\frac{d\, \mathrm{F}(\beta' k')}{d(k'^2)}\right) = \frac{\mathrm{E}_1(\beta' k')}{2k^2 k'^2} - \frac{\mathrm{F}(\beta' k')}{2k'^2} - \frac{Sin.\, \beta'\, Cos.\, \beta'}{2k^2 \Delta(\beta' k')};$$

$$\left(\frac{d\, \mathrm{E}_1(\beta' k')}{d(k'^2)}\right) = \frac{\mathrm{E}_1(\beta' k') - \mathrm{F}(\beta' k')}{2k'^2}.$$

Door substitutie hiervan wordt:

$$\left(\frac{d\Psi}{d(k'^2)}\right) = - \frac{\mathrm{K}\, cot.\, \alpha\, Sin.\, \beta}{2k'} - k'\, cot.\, \alpha\, Sin.\, \beta \left(-\frac{\mathrm{K}}{2k'^2} + \frac{\mathrm{K-E}}{2k^2 k'^2}\right)$$

$$+ \mathrm{F}(\beta' k') \left(\frac{\mathrm{K}}{2k'^2} - \frac{\mathrm{K-E}}{2k'^2}\right) + (\mathrm{E-K}) \left(\frac{\mathrm{E}_1(\beta' k')}{2k^2 k'^2} - \frac{\mathrm{F}(\beta' k')}{2k'^2} - \frac{Sin.\beta\, Cos.\beta}{2k^2 \Delta(\beta' k')}\right)$$

$$+ \mathrm{E}_1(\beta' k') \left(-\frac{\mathrm{K}}{2k'^2} + \frac{\mathrm{K-E}}{2k^2 k'^2}\right) + \mathrm{K} \frac{\mathrm{E}_1(\beta' k') - \mathrm{F}(\beta' k')}{2k'^2}.$$

In het tweede lid vallen vele termen tegen elkander weg en blijft:

$$\left(\frac{d\Psi}{d\,(k'^2)}\right) = (\mathrm{K}-\mathrm{E})\,\frac{Sin.\,\beta}{2\,k^2}\left(-\frac{Cot.\,\alpha}{k'} + \frac{Cos.\,\beta}{\Delta\,(\beta' k')}\right)$$

$$= (\mathrm{K}-\mathrm{E})\frac{(Cos.\,\beta - Cos.\,\alpha)\;Sin.\,\beta}{2\,k^2\;k'\;Sin.\,\alpha\,(1 - Cos.\,\alpha\;Cos.\,\beta)}.$$

Uit de formule

$$k'^2 = \frac{Sin.\,^2\alpha}{1 - 2\;Cos.\,\alpha\;\;Cos.\,\beta + Cos.\,_2\beta'},$$

volgt

$$\frac{d(k'^2)}{d\,\beta} = \frac{2\,Sin.\,^2\alpha\,Sin.\,\beta\,(Cos.\,\beta - Cos.\,\alpha)}{(1 - 2\;Cos.\,\alpha\,Cos.\,\beta + Cos.\,^2\beta)^2} = \frac{2\,k'^2\;k^2\;Sin.\,\beta}{Cos.\,\beta - Cos.\,\alpha}.$$

Hierdoor wordt:

$$\left(\frac{d\Psi}{d\,(k'^2)}\right)\left(\frac{d\,k'^2}{d\,\beta}\right) = (\mathrm{K}-\mathrm{E})\,\frac{k'\;Sin.\,^2\beta}{Sin.\,\alpha\;(1 - Cos.\,\alpha\;Cos.\,\beta)}$$

en ten slotte:

$$\frac{d\Psi}{d\,\beta} = -\frac{\mathrm{K}\;k'}{Sin.\,\alpha} + \frac{\mathrm{K}-\mathrm{E}}{\Delta\;(\beta' k')} + (\mathrm{K}-\mathrm{E})\;\frac{k'\;Sin.\,^2\beta}{Sin.\,\alpha\,(1 - Cos.\,\alpha\,Cos.\,\beta)}$$

$$= -\frac{\mathrm{K}k'}{Sin.\alpha} + (\mathrm{K}-\mathrm{E})\left\{\frac{Sin.\,\alpha}{k'(1 - Cos.\alpha Cos.\beta)} + \frac{k'\;Sin.\,^2\beta}{Sin.\alpha(1 - Cos.\alpha Cos.\beta)}\right\}$$

$$= -\frac{\mathrm{K}\;k'}{Sin.\,\alpha} + \frac{2\;k'\;(\mathrm{K}-\mathrm{E})}{Sin.\,\alpha}$$

$$= \frac{k'\;(\mathrm{K}-2\;\mathrm{E})}{Sin.\;\alpha}.$$

Nu moet nog onderzocht worden welk teeken deze uitdrukking bezit, hetgeen zal afhangen van het teeken van $\mathrm{K}-2\,\mathrm{E}$. Om dit te onderzoeken nemen wij:

$$\mathrm{K}-2\;\mathrm{E} = \int_0^{\frac{\pi}{2}}\left(\frac{d\,\varphi}{\Delta\,\varphi} - 2\,\Delta\,\varphi\,d\,\varphi\right) = \int_0^{\frac{\pi}{2}}\frac{1 - 2\,\Delta^2\,\varphi}{\Delta\,\varphi}\,d\,\varphi$$

$$= \int_0^{\frac{\pi}{2}}\frac{-1 + 2\;k^2\;Sin.\,^2\varphi}{\Delta\,\varphi}\,d\,\varphi.$$

Voor kleine waarden van φ heeft de teller blijkbaar het negatieve teeken. Doch voor *alle* waarden van φ heeft hetzelfde plaats. Want voor $\varphi = \frac{\pi}{2}$ wordt de teller

$$-1 + 2k^2 = -1 + \frac{2\,(Cos.\,\beta - Cos.\,\alpha)^2}{(Cos.\,\beta - Cos.\,\alpha)^2 + Sin.^2\,\alpha}$$

$$= -\frac{Sin.^2\alpha - (Cos.\,\beta - Cos.\,\alpha)^2}{Sin.^2\alpha + (Cos.\,\beta - Cos.\,\alpha)^2};$$

en hierin is de teller positief, omdat

$$Sin.\,\alpha + Cos.\,\alpha > 1 > Cos.\,\beta$$

$$Sin.\,\alpha > (Cos.\,\beta - Cos.\,\alpha).$$

Hieruit volgt, dat de uitdrukking $K - 2E$ in ons vraagstuk *negatief* dus ook $\frac{d\Psi}{d\beta}$ *negatief* is. Derhalve is de hoek Ψ altijd minder dan $\frac{\pi}{2}$ en wordt kleiner naarmate β van o tot α nadert, dat is naarmate de oorspronkelijke wenteling van het lichaam om zijne as sneller is. Is die wenteling oneindig snel dan wordt $\beta = \alpha$, $k = o$, dus $K = E = o$ en $\Psi = o$; derhalve behoudt de omwentelingsas denzelfden stand in de ruimte. Dit is de grens, waartoe de beweging nadert bij toenemende omwentelings-snelheid.

VOORSTEL VAN EENE WIJZE VAN WAARNEMEN,

OM HET SOORTELIJK GEWIGT

EENER VLOEISTOF TE BEPALEN

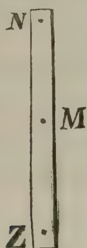
IN EENE

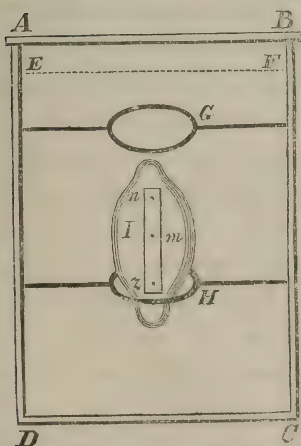
BESLOTEN RUIMTE OF GESLOTEN GLAZEN VAT.

DOOR

F. J. STAMKART.

Het denkbeeld dat hiertoe tot grondslag ligt, is dit: vooreerst, dat het te onderzoeken soortelijk gewigt ten naastenbij bekend is; ten tweeden, dat men in de vloeistof laat zinken een hol (glazen) ligchaam, dat slechts weinig soortelijk zwaarder is; ten derden, dat men het *minimum* bepaalt der kracht noodig om dit ligchaam in de vloeistof op te heffen; en ten laatsten, dat om dit minimum van kracht te meten magnetismus aangewend worde, waartoe in het glazen ligchaam een magneetstaafje kan verborgen zijn.





Zij ABCD een gesloten vat of flesch waarin de te onderzoeken vloeistof zich tot aan EF bevindt. I zij een toegeblazen glazen fleschje of zoogenaamde peer, gelijk gewoonlijk gebezigd wordt om het soortelijk gewigt eener vloeistof door weging te bepalen. — De peer moet daartoe aan een dun draadje of aan een haar, onder de eene schaal eener balans hangen. In

de plaats hiervan zij in het fleschje I — dat wij kortheidshalve *peer* zullen blijven noemen — eene kleine magneetstaaf *m*, in een verticalen stand, bevat. Voorts zij er nog een weinig kwik in het fleschje, opdat men naar welgevallen het eene of andere uiteinde der peer in de vloeistof onder kunne doen blijven.

G en H zijn twee koperen of beter platina ringen, tusschen welke de peer zich moet bevinden.

Is de peer met het staafje en het kwik te zamen meer of minder of slechts iets soortelijk zwaarder dan de vloeistof, dan moet zij op den ondersten ring H rusten. Is de peer daarentegen iets ligter, dan moet zij door den bovensten ring G belet worden naar de oppervlakte E F te rijzen, en iets daar boven uit te steken.

Ondersteld de peer — waarvan het gewigt en het uitwendig volumen bekend moeten zijn — is iets zwaarder dan de vloeistof die zij verplaatst, en rust dus op den ondersten ring H. De vraag is dan naar de kracht waarmede deze ring door de peer gedrukt wordt?

Men brenge daartoe eene magneetstaaf M verticaal boven de peer en het daarin besloten magneetje, natuurlijk zoo, dat ongelijknamige polen naar elkander gerigt zijn; aanvankelijk op zoodanigen afstand, dat de magnetische aantrekking nog onvoldoende is om de peer van den ring H te ligten. Door nu de staaf M langzaam te laten zakken, zal de magnetische aantrekking toenemen en gelijk kunnen worden aan de kracht van drukking der peer op den ring. De peer zal dan op dat oogenblik niet meer op den ring drukken, maar, bij de geringste verdere nadering van de magneet M, beginnen te rijzen. Laat men de staaf M dan in haren stand, dan zal de rijzing met eene versnelde beweging voortgaan totdat de peer tegen den ring G stuit, en daar tegengehouden wordt. De afstand der magneetstaven M en *m* is dan verminderd met den weg welken de peer doorloopen heeft. — Zoo men nu de staaf M weder evenveel naar boven schuift en nog een *zeer weinigje*, hoe gering ook, meer, dan zal de peer weder gaan zakken, en met eene versnelde beweging dalen, tot op den ring H.

De rijzing der peer is dus waargenomen bij eenen afstand

der magneetstaven een *weinig kleiner*, de daling bij eenen afstand een *weinig grooter* dan *de juisten afstand* waarop de magnetische aantrekking gelijk is aan de drukking der peer op den ring H, zonder het aanwezen der staaf M.

Het gemiddelde der beide afstanden zal, bij goede waarnemingen, die gemakkelijk herhaald kunnen worden, onbeduidend van dien juisten afstand verschillen.

De gevraagde drukking der peer op den ring H zal dus eene functie zijn van het gemiddelde der waargenomen afstanden bij het begin van de rijzing en het begin van de daling der peer.

Dat de staaf M langs eene verdeelde schaal kan bewogen worden, die eene vaste stelling met betrekking tot de ringen H en G heeft, is ligt op te merken, gelijk alles wat tot eene inrigting dienen kan om het hier ontwikkelde denkbeeld te verwezenlijken, met weinig moeite verzonnen wordt.

Het eenige wat nog noodig is, is om voor elken afstand van de middelpunten M en *m* der beide magneetstaven, de magnetische aantrekkingskracht in *milligrammen* uit te drukken, en het is duidelijk dat dit niet anders kan gevonden worden dan door voorafgaande proefnemingen met elk paar magneten in het bijzonder.

De functie hoe de aantrekkende kracht der magneten van haren afstand afhangt, is met voldoende naauwkeurigheid ligt te vinden.

Zijn L en l de halve afstanden der Noord- en Zuidpolen der magneetstaven ieder afzonderlijk; x de afstand der middelpunten, dan wordt de verlangde magnetische aantrekking voldoende naauwkeurig uitgedrukt door de formule:

$$K = A \, . \left\{ \frac{1}{(x-L-l)^2} + \frac{1}{(x+L+l)^2} - \frac{1}{(x-L+l)^2} - \frac{1}{(x+L-l)^2} \right\}$$

$$= 24 \, A \left\{ 1 + \frac{10}{3} \, \frac{L^2 + l^2}{x^2} \right\} \cdot \frac{L\,l}{x^4} + \text{etc}$$

waarin A een standvastig getal is, evenredig aan het product der magnetische intensiteiten van beide magneetstaven. Men kan

dus, daar L en l ook slechts benaderend bekend zijn, stellen

$$K = \frac{M}{x^4} + \frac{N}{x^6} + \text{etc.}$$

om de getallen M en N door waarneming te bepalen.

De wijze hoe ik mij voorstel dat dit geschieden kan is de navolgende:

Men stelle de peer in eenen verticalen stand, zooals zij in de vloeistof staan zal, op de schaal eener balans, en make door gewigtstukken in de andere schaal evenwigt, zoodat de tong der balans zoo juist mogelijk kleine, regts en links gelijke slingeringen om het nul of evenwigtspunt der verdeelde schaal make.

Dan worde onder de schaal waarin de peer ligt een steunsel aangebragt, dat de schaal juist aanraakt, zonder haar te ligten. Onder de andere schaal stelle men ook een steunsel, maar lager en wel, zoo men wil, ongeveer op eenen afstand lager zooveel als de peer in de vloeistof tusschen de twee ringen te doorloopen heeft.

De balans kan dan wel naar de zijde der schaal, waar de peer niet in ligt, doorslaan, maar niet naar de zijde waar de peer ligt.

Men legge nu bij deze in de schaal eenig gewigt: een gram, $\frac{1}{2}$ gram, of eenige milligrammen slechts. De met de peer en het overwigt belaste schaal kan nu, des noodig, door het steunsel een weinig te verhoogen of te verlagen, zoo gesteld worden, dat het waargenomen evenwigtspunt juist door de tong der balans wordt aangewezen. Hierna brenge men de magneet M boven de peer op zoodanigen afstand, dat de schaal begint te rijzen, en de balans gaat doorslaan tot zoover de schaal, waar de peer niet in ligt, op het steunsel dat er onder gezet is, komt te rusten.

De afstand der middelpunten M en m op het oogenblik dat de peer *begon* te rijzen, is de afstand dier punten M en m, waarbij de magnetische aantrekking *gelijk* is aan het bij de peer gevoegde overwigt.

Men kan verder dienzelfden afstand nogmaals vinden, door de staaf M langzaam hooger te brengen. Op het oogenblik dat dezelfde afstand van M en m weder plaats vindt, zal de schaal

waar de peer in ligt weder neêrzakken. — Deze laatste proef moet met veel zorg tegen eenige schudding, trilling of luchtbeweging geschieden, want anders zoude de schaal met de peer te vroeg, dat is vóór nog M *m* de gevraagde grootte had, nederzakken.

Op deze wijze kan men, voor elk overwigt in de schaal bij de peer, den afstand vinden der staven, waarbij de magnetische aantrekking der beide magneten gelijk aan het overwigt is. — Bij verschillende temperaturen is eenig verschil welligt merkbaar, maar ook dit kan uit de proeven blijken.

Het spreekt van zelf, dat de balans welke voor deze proefnemingen gebruikt wordt, niet van ijzer zijn kan; maar ook dat de messen en pannen niet van staal mogen zijn. Messen en pannen van agaat zouden zeer dienstig wezen. Wanneer evenwel geen balans dan met stalen messen en pannen voorhanden is, dan zoude de invloed hiervan afzonderlijk door proefneming bepaald kunnen worden, ten einde het deel dat aan de magnetische werking tusschen de staaf M en het staal aan het juk der balans toekomt, afzonderlijk te bepalen. Dit deel zal in elk geval zeer gering zijn, tenzij de naaste pool van de staaf M zeer nabij het mes der balans mogt komen.

Men kan ook de staaf M, instede van boven de schaal, er onder houden. Indien de beide staven M en *m* regelmatig gemagnetizeerd zijn, zal de opheffing van het overwigt bij de peer op denzelfden afstand M *m* door *afstooting* geschieden, als M onder de schaal is, als opheffing door *aantrekking* plaats zoude vinden met M boven de schaal.

Bij de toepassing der magneetkracht om het soortelijk gewigt eener vloeistof te bepalen, kan de magneet ook onder het vat met de vloeistof gehouden worden. Het is in dit geval goed om de te doorloopen ruimte door de peer tusschen de ringen H en G klein te nemen — en er is geen reden die ruimte aanmerkelijk te maken — om eene zijdelingsche beweging der peer te verhoeden.

In elk geval ziet men ligt in, dat het door proefnemingen mogelijk is de onderlinge werking der beide magneten te bepalen en volledig te onderzoeken. Eene krachtige magneet-staaf M op meerderen afstand, is verkieslijk boven eene zwakkere naderbij.

Men kan ook de magneetkracht der staaf M tot opheffing of nederdrukking der peer, nog op eene andere manier wijzigen dan door het verwijderen of naderbij brengen, namelijk door de staaf eenen hellenden stand te geven. Daar evenwel hierdoor ook een koppel ontstaat om de magneet in de peer eenen schuinschen stand te doen aannemen, zoo zouden twee magneetstaven M en M′ gebezigd kunnen worden, van zoo na mogelijk dezelfde magnetische intensiteit. Wanneer deze staven om eene horizontale as beweegbaar, in tegengestelde rigtingen gedraaid worden, zoodat zij gelijke hoeken met de verticaal maken, dan zal de kracht tot opheffing der peer eene functie van den hoek der staven zijn. Het op- en neêrschuiven eener enkele staaf langs eene verdeelde schaal, schijnt voorshands echter eenvoudiger, en meer verkieslijk.

Het voordeel dezer manier boven eene regtstreeksche weging der peer, hangende in de vloeistof, is voor een *zeer* klein deel gelegen in de omstandigheid, dat men geen draad of haar behoeft welke door de oppervlakte der vloeistof gaat en waarbij eene capillaire werking niet te vermijden is; maar bestaat vooral hierin dat in het gesloten vat geen uitdamping plaats heeft, hetgeen de gelijkmatigheid voor de temperatuur der vloeistof moet bevorderen, als ook zal beletten, dat de inwendige zamenstelling van sommige vloeistoffen of mengsels gedurende de weging verandering ondergaat.

Ook biedt deze manier de gelegenheid aan om het soortelijk gewigt van eene vloeistof, bij voorbeeld van water, te onderzoeken bij verwarmingen tot boven het kookpunt; hetgeen ik niet weet of reeds gedaan is. — Hierbij dient evenwel acht geslagen te worden op eene verandering in magnetische intensiteit der kleine magneetstaaf, als op eene meerdere of mindere zamendrukking der peer. Deze echter zoude niet noodzakelijk van glas behoeven gemaakt te zijn.

OVER DE
ZAMENSTELLING VAN EENIGE GLASSOORTEN
VOOR OPTISCH GEBRUIK.

DOOR

P. J. VAN KERCKHOFF.

Voor eenigen tijd werden mij door ons medelid, den Heer VAN DER WILLIGEN, eenige stukken crown- en flintglas ter hand gesteld van dezelfde soorten afkomstig, van welke door hem refractie- en dispersie-bepalingen waren gedaan, met verzoek die glassoorten aan eene chemische analyse te onderwerpen.

Het onderzoek omtrent een niet onwaarschijnlijk verband tusschen de chemische zamenstelling en de genoemde physische eigenschappen, laat ik, zooals van zelf spreekt, geheel aan den Heer VAN DER WILLIGEN over, die juist daarvoor het chemisch onderzoek had verlangd, en aan wien zulks zoo goed is toevertromwd, en ik bepaal mij hier tot eene eenvoudige beschouwing van de gevonden zamenstelling.

De glassoorten hieronder gemerkt N°. 1 en 2 waren crownglas, die genummerd 3, 4, 5 en 6, flintglas. Van elk dier nummers is één volledige analyse gedaan met uitzondering van het eerste, dat zekerheidshalve tweemaal is geanalyseerd. De goed overeenstemmende uitkomsten dier beide analysen bewijzen voor de zorg, waarmede de bepalingen, onder mijn toezigt, door den Heer VAN DER STAR, amanuensis bij het chemisch laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool, zijn gedaan.

De mededeeling van den gang der analysen meen ik hier achterwege te kunnen laten, daar zij wordt opgenomen in een

uitvoeriger verslag, dat door de zorg van den Heer VAN DER WILLIGEN elders wordt geplaatst, evenzoo de vermelding der berekeningen, waartoe de beschouwing van de uitkomsten aanleiding heeft gegeven.

Het kwam mij niet onbelangrijk voor, de gevonden cijfers te bezigen tot het onderzoek der volgende vragen.

Welke is de verhouding tusschen silicium, zuurstof en metalen, wanneer men deze laatste in functie van een enkel hunner of (wat op hetzelfde uitkomt) in functie van waterstof berekent?

Is deze verhouding bij al de nummers verschillend, of is zij bij sommige dezelfde, al moge er een verschil zijn in den aard der metalen?

Kunnen die verhoudingen door eenvoudige chemische formulen worden uitgedrukt?

Ter beantwoording dezer vragen heb ik uit de analysen de verhouding opgemaakt van de hoeveelheden zuurstof, die met elk der metalen, en met het silicium kunnen geacht worden verbonden te zijn, en vervolgens de som van het zuurstofgehalte aller bases vergeleken met het zuurstofgehalte van het kiezelzuur.

Op die wijze verkreeg ik voor het zuurstofgehalte van:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kiezelzuur . . .	31,57	38,02	15,73	22,87	29,22	22,03
Loodoxyde . . .	0,62	0,61	4,33	2,97	2,65	3,86
Kalk	1,86	0,77	0,14	0,14	0,17	0,06
Magnesia	0,16	0,16	0,16	0,12	0,08	0,04
IJzeroxyde . . .	0,21	0,33	0,21	0,30	0,21	0,18
Aluinaarde . . .	0,14	0,14	0,42	0,32	0,19	0,32
Kali	3,57	2,56	1,04	1,63	0,98	0,59
Natron	0,83	0,34	0,44	0,98	0,21	0,08
Som-zuurstofgehalte van alle bases.	7,39	4,91	6,74	6,46	4,49	5,13
Verhouding tusschen het zuurstofgehalte van het kiezelzuur en dat der bases	2:0,468	2:0,247	2:0,857	2:0,565	2:0,307	2:0,465

Het zuurstofgehalte van het kiezelzuur is hierbij gelijk 2 gesteld, omdat als uitgemaakt mag worden aangenomen, dat het atoom silicium quadrivalent en dus de formule van kiezelzuur $Si\,O_2$ is. De laatst verkregen verhoudings-cijfers moeten nu met zulk een coëfficiënt vermenigvuldigd worden, dat het zuurstofgehalte der gezamenlijke bases ongeveer gelijk wordt aan één of aan een veelvoud der eenheid. Voert men dit uit, dan verkrijgt men de volgende verhoudingen:

voor	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	4:0,936	8:0,988	14:5,999	10:2,825	6:0,921	4:0,930

dat is ongeveer als:

4 : 1	8 : 1	14 : 6	10 : 3	6 : 1	4 : 1

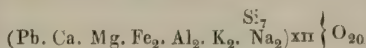
Uit deze verhoudingsgetallen kan men de volgende formulen afleiden, in welke de letter M één atoom van een univalent-metaal of eene aequivalente hoeveelheid van een multivalent-metaal voorstelt:

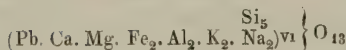
			dualistisch	typisch
voor N°. 1,	$M_2\,Si_2\,O_5$	of	M_2O, $2\,Si\,O_2$	$\left.\begin{matrix}Si_2\\M_2\end{matrix}\right\}O_5$
〃 〃 2,	$M_2\,Si_4\,O_9$	〃	M_2O, $4\,Si\,O_2$	$\left.\begin{matrix}Si_4\\M_2\end{matrix}\right\}O_9$
〃 〃 3,	$M_{12}\,Si_7\,O_{20}$	〃	$6\,M_2O$, $7\,Si\,O_2$	$\left.\begin{matrix}Si^7\\M_{12}\end{matrix}\right\}O_{20}$
〃 〃 4,	$M_6\,Si_5\,O_{13}$	〃	$3\,M_2O$, $5\,Si\,O_2$	$\left.\begin{matrix}Si_5\\M_6\end{matrix}\right\}O_{13}$
〃 〃 5,	$M_2\,Si_3\,O_7$	〃	M_2O, $3\,Si\,O_2$	$\left.\begin{matrix}Si_3\\M_2\end{matrix}\right\}O_7$
〃 〃 6,	$M_2\,Si_2\,O_5$	〃	M_2O, $2\,Si\,O_2$	$\left.\begin{matrix}Si_2\\M_2\end{matrix}\right\}O_5$

Ter toetsing van deze formulen heb ik de berekende zamenstelling met de gevondene vergeleken en het volgende verkregen:

	N°. 1. Berekend volgens formule: $(Pb.\ Ca.\ Mg.\ Fe_2.\ Al_2.\ K_2.\ Na_2)'' \left.\begin{matrix} Si_2 \\ \end{matrix}\right\} O_5$		Gevonden.
Kiezelzuur. . . .	120.—	57.7	59.1
Loodoxyde . . .	18.82	9.0	8.6
Kalk	14.10	6.8	6.5
Magnesia	0.82	0.4	0.4
IJzeroxyde . . .	1.53	0.7	0.7
Aluinaarde . . .	0.64	0.3	0.3
Kali	45.41	21.8	21.0
Natron	6.97	3.3	3.2
	208.29	100.—	99.8

	N°. 2. Berekend volgens formule: $(Pb.\ Ca\ Mg.\ Fe_2\ Al_2.\ K_2.\ Na_2)'' \left.\begin{matrix} Si_4 \\ \end{matrix}\right\} O_9$		Gevonden.
Kiezelzuur. . . .	240.—	71.5	71.3
Loodoxyde . . .	27.74	8.3	8.5
Kalk	8.78	2.6	2.7
Magnesia. . . .	1.30	0.4	0.4
IJzeroxyde . . .	3.57	1.0	1.1
Aluinaarde . . .	0.99	0.3	0.3
Kali. . . , . . .	48.99	14.6	15.1
Natron	4.30	1.3	1.3
	335.67	100.—	100.7

	N°. 3. Berekend volgens formule:		Gevonden
	 $(Pb.\,Ca.\,Mg.\,Fe_2.\,Al_2.\,K_2.\,Na_2)^{XII} \left\{ \begin{matrix} Si_7 \\ O_{20} \end{matrix} \right.$		
Kiezelzuur . . .	420.—	29.5	29.5
Loodoxyde . . .	858.5	60.2	60.4
Kalk	7.0	0.5	0.5
Magnesia	5.7	0.4	0.4
IJzeroxyde. . . .	9.7	0.7	0.7
Aluinaarde . . .	12.9	0.9	0.9
Kali	87.5	6.1	6.1
Natron	24.4	1.7	1.7
	1425.7	100.—	100.2

	N°. 4. Berekend volgens formule:		Gevonden.
	 $(Pb.\,Ca.\,Mg.\,Fe_2.\,Al_2.\,K_2.\,Na_2)^{VI} \left\{ \begin{matrix} Si_5 \\ O_{13} \end{matrix} \right.$		
Kiezelzuur . . .	300.—	41.3	42.9
Loodoxyde . . .	307.60	42.4	41.5
Kalk	3.64	0.5	0.5
Magnesia	2.25	0.3	0.3
IJzeroxyde . . .	7.43	1.0	1.0
Aluinaarde . . .	5.04	0.7	0.7
Kali	71.26	9.9	9.6
Natron	28.21	3.9	3.8
	725.43	100.—	100.3

	N°. 5. Berekend volgens formule: $(Pb.\ Ca.\ Mg.\ Fe_2.\ Al_2.\ K_2.\ Na_2)'' \left.\begin{matrix}Si_3\\ \end{matrix}\right\} O_7$		Gevonden.
Kiezelzuur . . .	180.—	52.6	54.8
Loodoxyde . . .	132.41	38.6	37.0
Kalk	2.10	0.6	0.6
Magnesia	0.70	0.2	0.2
IJzeroxyde . . .	2.43	0.7	0.7
Aluinaarde . . .	1.77	0.5	0.4
Kali	20.50	6.0	5.8
Natron	2.83	0.8	0.8
	342.74	100.—	100.3

	N. 6. Berekend volgens formule: $(Pb.\ Ca.\ Mg.\ Fe_2.\ Al_2.\ K_2.\ Na_2)'' \left.\begin{matrix}Si_2\\ \end{matrix}\right\} O_5$		Gevonden.
Kiezelzuur . . .	120.—	39.4	41.3
Loodoxyde . . .	167.95	55.1	53.9
Kalk	0.63	0.2	0.2
Magnesia	0.30	0.1	0.1
IJzeroxyde . . .	1.83	0.6	0.6
Aluinaarde . . .	2.15	0.7	0.7
Kali	10.93	3.6	3.5
Natron	0.93	0.3	0.3
	304.72	100.—	100.6

Voor de glasmonsters N°. 2 en 3 stemt de volgens de formule berekende zamenstelling, zoo naauwkeurig met de gevondene overeen als bij silicaten slechts zelden het geval is. Bij de overige N^{os} doen zich grootere of kleinere afwijkingen voor. Ik heb gemeend, van de formulen, die benaderend uit de analysen kunnen worden afgeleid, aan diegene de voorkeur te

moeten geven, die het kiezelzuurgehalte iets geringer aangeven dan werkelijk gevonden is, en wel om de eenvoudige reden, dat bij gesmolten silicaten het silicaat, dat als hoofdbestanddeel aanwezig is, zeer ligt met kleinere hoeveelheden van een meer zuur silicaat vermengd kan zijn. Dientengevolge merkt men in het vergelijkend overzigt der berekende en gevonden zamenstelling op, dat het gevonden kiezelzuurgehalte iets hooger, daarentegen de gevonden hoeveelheid der bases iets kleiner is dan de berekende.

De boven medegedeelde formulen met elkaâr vergelijkende, vindt men dat het minst zure (of meest basische) silicaat N°. 3 is, dan volgt N°. 4, daarop de in basiciteit gelijkstaande N°s 1 en 6, dan het zuurdere N°. 5 en eindelijk het meest zure N°. 2.

De N°s 1 en 6 zijn eigenlijk hetzelfde silicaat, dat is waarin de gezamenlijke metalen dezelfde waarde hebben ten opzigte van het silicium en de zuurstof, en verschillen slechts door eene andere verhouding der metalen onderling. Juist daardoor kunnen zij belangrijk zijn ter oplossing der vraag, wélke physische veranderingen voortgebragt worden bij dezelfde chemische constitutie, door vervanging van een metalliek bestanddeel door een ander metalliek bestanddeel.

Als algemeene uitkomst van bovenstaand onderzoek meen ik te mogen aannemen, dat de geanalyseerde monsters optisch glas niet behoeven beschouwd te worden als mengsels van in verschillende verhoudingen zamengesmolten silicaten, maar dat zij vrij naauwkeurig de zamenstelling bezitten van bepaalde silicaten. Slechts twee dier monsters zijn hetzelfde silicaat, maar met verschil in den aard der metalen, daar N°. 1 weinig loodoxyde bevat, tamelijk veel kalk en veel kali, terwijl N°. 6, veel loodoxyde in plaats van den kalk en van een gedeelte van het kali inhoudt. Overigens zijn al de monsters anhydrosilicaten of zoogenoemde zure silicaten, ofschoon in verschillende mate.

Wanneer men bedenkt, dat er mineraal-species, en wel goed gekristalliseerde gevonden worden, in welke het aantal atomen silicium even hoog of hooger moet worden aangenomen, b. v. in veldspaat 6 atomen, dan wordt men eenigsins verrast door de eenvoudige formulen, door welke deze glassoorten worden voorgesteld.

DE DISSOCIATIE-VERSCHIJNSELEN

VAN

WATERIGE OPLOSSINGEN VAN CHLORETUM FERRICUM.

DOOR

Dr. F. W. KRECKE,

Assistent aan het Chem. Laboratorium te Utrecht.

(Medegedeeld door den Heer P. J. van Kerckhoff, in de Gew. Vergadering van 29 Oct. 1870.)

In den laatsten tijd hebben de dissociatie-verschijnselen meer en meer de aandacht der chemici bezig gehouden, en zij verdienen die ten volle zoowel uit een theoretisch als uit een praktisch oogpunt.

Na de toepassing der mechanische warmte-theorie op de dissociatie, is zij beroofd van het geheimzinnige kleed dat haar vroeger bedekte, en dient zij meer en meer ter verklaring van feiten, die vroeger onverklaard moesten blijven. Bij het onderzoek der dissociatie-verschijnselen viel de aandacht meer bijzonder op gassen en dampen. Dat ook bij vaste lichamen en vloeistoffen dissociatie wordt waargenomen, werd door sommigen ter loops opgemerkt, maar tot nog toe heeft niemand een stelselmatig onderzoek van de dissociatie-verschijnselen van die klassen van lichamen geleverd. Toch komen die verschijnselen bij vaste lichamen en vloeistoffen even talrijk voor als bij gassen en dampen: de ontleding van oplossingen van nitras bismuthicus, chloretum stibicum, ijzeraluinen *) en boras natricus †)

*) *Jahresbericht*, 1855, p. 404.

†) t. a. p. 1851, p. 300.

door water; de splitsing van bisulfas natricus in een normaal zout en vrij zuur door het omkristalliseeren zijner oplossingen *); de splitsing van oplossingen van sulfas zincicus bij eene temperatuur boven 40° C in een zuur en basisch zout †); de overgang van violette chroomoxyde zouten in groene, bij verwarming hunner oplossingen; de scheiding van koper-hydroxyde bij verwarming onder water in koperoxyde en water; de gedeeltelijke scheiding van hydras ferricus in ijzeroxyde van PÉAN-SAINT-GILLES en water §); de splitsing van koolzure kalk bij verhitting in koolzuur en bijtende kalk **) -- ziedaar eenige voorbeelden van dissociatie-verschijnselen die vloeistoffen en vaste lichamen opleveren.

DEBRAY ††) vestigde het eerst de aandacht op dissociatie verschijnselen die bij chloretum ferricum worden gevonden. GUNNING §§) onderzocht ze nader en bracht nog eenige feiten aan het licht, doch beiden leverden meer algemeene overzichten, zonder zich met de bijzonderheden der verschijnselen te bemoeien. Daarom vond ik het niet onnoodig de dissociatie-verschijnselen welke oplossingen van chloretum ferricum opleveren aan een nauwkeuriger onderzoek te onderwerpen.

I.

Bij verwarming worden alle oplossingen van chloretum ferricum, die geen vrij zoutzuur bevatten, ontleed; de sterkere bij eene hoogere, de slappere bij eene lagere temperatuur, en leveren daarbij eene reeks van verschijnselen op die eene bijzondere vermelding verdienen. Oplossingen die meer dan 4 pro-

---

*) *Jahresbericht*, 1852, p. 311.

†) MULDER, *Scheik. Verhand. en Onderz.* III, 3, p. 73.

§) *Jahresbericht*, 1855, p. 401.

**) t. a. p. 1867, p. 85.

††) *l'Institut.* N°. 1842, p. 121.

§§) *Aanteekeningen van het verhandelde in de sectievergaderingen van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap.* 1869, p. 14.

cent ijzerchloride bevatten, kunnen, zonder ontleed te worden, temperaturen van 100° verdragen. Worden zij echter in gesloten buizen sterker verwarmd, dan heeft bij allen meer of minder volledige ontleding plaats.

Bij mijne proeven ging ik uit van eene normale oplossing van ijzerchloride in water, verkregen door kristallen van dit zout op te lossen. Elk gram daarvan bevatte 0,3255 gram van het watervrije zout. Door bij 1000 gram dezer oplossing 17,2 gram water te voegen, werd eene oplossing van 32 p. c. verkregen. Eene directe bepaling gaf voor hare sterkte 31.97 p. c. Door deze met de noodige hoeveelheden water te verdunnen, werden de slappere oplossingen verkregen.

Eene oplossing van 32 p. c. wordt, bij eene temperatuur van ongeveer 140 graden, gedeeltelijk ontleed, onder afscheiding van een donkerbruin of zwart vast lichaam, dat moeielijk in sterk kokend salpeterzuur oplosbaar is. Het bevat geen chloor, en bestaat uit ijzeroxyde, dat meer of minder water bevat, naarmate de verhitting korter of langer heeft geduurd. Bij 100° vertoont de vloeistof reeds een veel donkerder kleur dan bij de gewone temperatuur. De oorzaak hiervan zal later blijken.

Eene oplossing van 16 p. c. wordt bij ongeveer 120° ontleed, eene van 8 p. c. bij 110°. Beide scheiden eerst een licht geel neêrslag af; een oxychloride van verschillende samenstelling naarmate de verwarming korter of langer heeft geduurd. Na langdurige verwarming gaat het over in zwart ijzeroxyde. Beide oplossingen bezitten bij 100° een veel donkerder kleur dan bij de gewone temperatuur.

Bij verwarming kleurt zich eene oplossing van 4 p. c. steeds donkerder, totdat zij bij eene temperatuur van ongeveer 90° een licht geel oxychloride begint af te scheiden. Bij deze ontleding ontwikkelen zich uit de oplossing sporen van zoutzuur.

Eene oplossing van 2 p. c. wordt insgelijks bij verwarming donkerder van kleur en begint bij 87° een oxychloride af te scheiden. Worden bij de oplossing eenige kristallen chloornatrium gevoegd, dan heeft er bij 86°,3 *) eene afscheiding van

*) Deze cijfers zijn slechts als voorloopige waarden te beschouwen. Hierover later onder III.

hydras ferricus plaats. Evenals de vorige, ontwikkelt ook deze oplossing, bij de ontleding, een weinig zoutzuur.

Wordt eene oplossing van 1 p. c. verwarmd, dan behoudt zij aanvankelijk hare lichte kleur, totdat zij bij eene temperatuur van 83° plotseling veel donkerder gekleurd wordt.

Zij kan tot de kooktemperatuur verwarmd worden, zonder een neêrslag af te scheiden en behoudt, na afkoeling, hare donkere kleur. Bij voortgezette verwarming tot de kooktemperatuur, zet echter eene oplossing, welke met chloornatrium-kristallen bedeeld is, een neerslag van ijzer-hydroxyde af. Wordt de oplossing in eene toegesmolten glazen buis verwarmd, dan scheidt zich daaruit een donker violet-rood neêrslag af, dat uiterst fijn verdeeld is en een sterk kleurend vermogen bezit; wordt de buis, waarin het neêrslag bevat is, geschud, dan is de geheele vloeistof donker gekleurd en ondoorzichtig, hoewel het neêrslag na bezonken te zijn eene uiterst kleine ruimte inneemt. Wordt het neêrslag afgefiltreerd dan is het filtraat kleurloos, bevat geringe sporen van ijzer en veel chloor. Na gedroogd te zijn, lost het gedeeltelijk in verdund salpeterzuur op, de vloeistof bevat geen chloor; het opgeloste is dus hydras ferricus. Het onopgeloste gedeelte is oranjekleurig en lost zich, hoewel moeielijk, in sterk kokend salpeterzuur op. Deze oplossing bevat insgelijks geen chloor, het is dus het moeielijk oplosbare ijzeroxyde, dat PÉAN-SAINT-GILLES *) verkreeg door langdurig koken van ijzerhydroxyde met water. Het violette neêrslag is dus een mengsel van gewoon ijzer-hydroxyde en het minder waterhoudende van PÉAN-SAINT-GILLES.

Bij verhitting tot 75° wordt eene oplossing van $^1/_2$ p. c. plotseling veel donkerder gekleurd, en behoudt die donkere kleur ook na bekoeling; met chloornatrium bedeeld, begint zij bij 78° ijzer-hydroxyde af te scheiden. Wordt zij in een gesloten buis tot 130° verhit, dan geeft zij een oranjekleurig neêrslag van ijzeroxyde van PÉAN-SAINT-GILLES.

Ongeveer dezelfde verschijnselen vertoont eene oplossing van $^1/_4$ p. c. Deze wordt bij 64° donker gekleurd en behoudt deze

*) *Ann. de Chimie et de Phys.* III, 46, 47.

kleur na bekoeling. Onder 100° geeft zij geen neêrslag doch bij 130° scheidt zij oxyde van PÉAN-SAINT-GILLES af. Na bedeeling met keukenzout geeft zij bij 67° een neêrslag van ijzer-hydroxyde.

Na gedurende eenige dagen blootgesteld te zijn geweest aan eene gemiddelde temperatuur van ongeveer 20° wordt eene op-oplossing van $^1/_8$ p. c. reeds ontleed en donkerrood van kleur. Later is zij bij doorvallend licht helder, doch troebel bij opvallend licht. Is de oplossing versch bereid, dan vertoont zij nauwelijks eene geelbruine kleur, wordt bij 54° eenigzins donkerder en neemt bij toenemende temperatuur in donkerheid toe. Met keukenzout bedeeld, begint zij bij 57° hydras ferricus af te scheiden.

Nog sneller dan de vorige wordt eene oplossing van $^1/_{16}$ p. c. in de gewone luchttemperatuur ontleed; bij verhitting tot 36° begint eene versch bereide oplossing reeds donkerder te worden en scheidt bij 40°, wanneer zij met chloornatrium-kristallen is bedeeld, een neêrslag van ijzer-hydroxyde af.

Uit de boven vermelde feiten blijkt, dat bij de dissociatie van waterige oplossingen van ijzerchloride verschillende perioden moeten onderscheiden worden. De eerste bestaat steeds in de meer of minder volledige scheiding van ijzerchloride en water in oplosbaar ijzeroxyde van GRAHAM *) en zoutzuur volgens de formule:



$$Fe_2\,Cl_6 + 3\,H_2\,O = Fe_2\,O_3 + 6\,H\,Cl.$$

Deze periode komt bij alle oplossingen voor, zij is gekenmerkt door de donkere kleur die de oplossing aanneemt, en de vorming van hydras ferricus onder den invloed van chloornatrium en andere neutrale zouten der alcaliën. Bij sterkere oplossingen (van 32 tot 4 p. c.) heeft bij bekoeling, wanneer de verhitting niet te sterk is geweest, hereeniging van ijzeroxyde en zoutzuur plaats en herstelt zich de oorspronkelijke kleur on-

*) *Phil. Trans.* 1861; p. 183. *Jahresbericht* 1861, p. 75.

middelijk. Bij slappere (van 4 tot 1 p. c.) hebben basis en zuur na bekoeling eenigen tijd noodig alvorens zij zich weder vereenigen. Bij oplossingen van minder dan 1 p. c. gehalte blijven basis en zuur ook na bekoeling gedeeltelijk gescheiden.

De temperatuur, waarbij deze vorming van oplosbaar ijzeroxyde plaats heeft, is zeer verschillend. Bij de sterkere oplossingen (van 32 tot 4 p. c.) ligt zij boven de kook-temperatuur van water; bij zeer slappe (van $^1/_8$ en $^1/_{16}$ p. c.) is de gewone luchttemperatuur voor die ontleding voldoende.

Dat werkelijk oplossingen van ijzerchloride, alleen door verwarming, in oplosbaar ijzeroxyde van GRAHAM en zoutzuur worden gesplitst, blijkt uit de volgende proef, die ook als collegeproef alle aanbeveling verdient. Men brengt in een kolf ongeveer 1 liter gedestilleerd water aan het koken, en laat daarin, door middel van een pipet, eenige kubiek centimeters eener oplossing van normaal ijzerchloride druppelen, welke ongeveer 32 p. c. van het watervrije zout bevat. Reeds de eerste druppel kleurt het water duidelijk bruinrood en na toevoeging van meer ijzerchlorideoplossing, neemt de vloeistof de donkerroode kleur aan van eene oplossing van het ijzeroxyde van GRAHAM. Uit de vloeistof ontwijkt een deel van het zoutzuur. Na bekoeling behoudt de vloeistof hare kleur en vertoont hijna alle eigenschappen van het oplosbare ijzeroxyde van GRAHAM: zij coaguleert na toevoeging van enkele druppels van oplossingen van neutrale zouten der alcaliën en sterke minerale zuren; deze laatste lossen, in grootere hoeveelheid toegevoegd, het coagulum weder op; zij coaguleert niet door toevoeging van alcohol, rietsuikeroplossing, wijnsteenzuur en azijnzuur. Alleen door eene eigenschap onderscheidt zich het door koken verkregene oplosbare ijzeroxyde, van datgene wat GRAHAM door dialyse verkreeg. Het eerste n.l. coaguleert *niet* het laatste *wel* door eenige druppels chloorammonium-oplossing. Eene eenigzins grootere hoeveelheid dezer oplossing doet echter een coagulum ontstaan. De vraag doet zich nu voor, hoe dit verschijnsel te verklaren?

Zooals bekend is, kan ijzerchloride met chloorammonium een dubbelzout vormen, waarvan de samenstelling wordt uitgedrukt door de formule:



$$4\,NH_4Cl,\ Fe_2Cl_6 + 2\,H_2O.$$

Hieruit blijkt, dat chloor-ammonium en ijzerchloride groote aantrekkingskracht voor elkander bezitten. Daar nu in de donkere, door koken verkregen, oplossing niet al het ijzerchloride in oplosbaar ijzeroxyde en vrij zoutzuur is omgezet *), zal bij toevoeging van weinig chloorammonium dit laatste zich met het onontlede ijzerchloride tot een dubbelzout verbinden en het bestaan blijven van oplosbaar ijzeroxyde niet verhinderen. Wordt echter chloorammonium in overvloed tot de gedissocieerde vloeistof gevoegd, dan ontstaat een neêrslag van hydras ferricus. Sulfas ammonicus en nitras ammonicus, in zeer kleine hoeveelheden toegevoegd, doen dadelijk zulk een neêrslag ontstaan. Chloorkalium, dat evenals chloorammonium een dubbelzout met ijzerchloride vormt, geeft, in zeer kleine hoeveelheid geen neêrslag van ijzerhydroxyde, doch eene iets grootere hoeveelheid daarvan, doet onmiddellijk een praecipitaat daarvan ontstaan.

Wordt een mengsel van ijzerchloride en chloornatrium bij kokend water gevoegd, dan heeft, voor een oogenblik vorming van oplosbaar ijzeroxyde plaats, doch dit wordt onmiddelijk daarna, onder afscheiding van ijzerhydroxyde ontleed. Chloorammonium verhindert echter, met chloretum ferricum gemengd, de vorming van oplosbaar ijzeroxyde niet.

Door dialyse kan men eene op de bovenvermelde wijze door koken verkregen oplossing van ijzeroxyde van het overtollige zoutzuur ontdoen. Tien kubiek Centimeters eener dergelijke oplossing bevatten:

$$Cl = 0{,}0461 \text{ gram}; \; Fe = 0{,}0297 \text{ gram}.$$

of

Fe = 39,2 p. c.	Fe_2Cl_6 berekend:	Fe = 34,5 p. c.
Cl = 60,8 " "		Cl = 65,5 " "
100,0 " "		100,0 " "

Bij den overgang in oplosbaar ijzeroxyde waren derhalve uit iedere 10 C. C. 0,0104 gram chloor in den vorm van zoutzuur ontweken.

*) Zie hierover later onder III.

Dezelfde hoeveelheid van 10 C. Centimeters bevatte bij dialyse:

	Na 1 dag.	Na 2 dagen.	Na 4 dagen.	Na 6 dagen.
Fe = Gram	0,0274	0,0269	0,0265	0,0258
Cl = Gram	0,0089	0,0051	0,0036	0,0017
of				
Fe = p. c.	75,5	84,1	88,4	93,6
Cl = p. c.	24,5	15,9	11,6	6,4
	100,0	100,0	100,0	100,0

Den 7den dag was de vloeistof op den dialysator gecoaguleerd.

De donkerroode vloeistof, verkregen door ijzerchloride in kokend water te doen druppelen, kan daarna nog ongeveer $2^1/_2$ maal zijn gehalte aan ijzeroxyde oplossen. Tien kubiek Centimeters eener dergelijke oplossing bevatten, vóór de toevoeging van hydras ferricus, 0,0480 gram ijzer, terwijl zij, na eenige dagen met versch neêrgeslagen ijzerhydroxyde te zijn gedigereerd, bevatte:

Fe =	0,1247 gram.	of	Fe =	92,8 p. c.
Cl =	0,0097 "		Cl =	7,2 " "
	0,1344 "			100,0 " "

Zij coaguleerde toen terstond met chloornatrium-oplossing.

Bij oplossingen, welke minder dan 1 p. c. ijzerchloride bevatten, kenmerkt zich de tweede periode van dissociatie door vorming van moeielijk oplosbaar ijzeroxyde van PÉAN-SAINT-GILLES, dat aanvankelijk in het vrije zuur blijft opgelost tot eene vloeistof, die bij doorvallend licht helder, bij opvallend licht daarentegen troebel is.

Laat men, op de boven beschreven wijze, ijzerchloride in kokend water druppelen, dan vormt zich ook hierin, nadat de vloeistof ongeveer één uur gekookt heeft, deze zelfde wijziging van het ijzeroxyde terwijl eenig zoutzuur ontwijkt.

Aanvankelijk blijft het in het zuur opgelost, doch bij voortgezet koken scheidt zich basis van zuur en slaat het ijzeroxyde

als een steenrood poeder neder. Dit neêrslag bevat, na bij 100° gedroogd te zijn, 2,1 p. c. water. derhalve een weinig minder dan dat van PÉAN, dat na verscheidene dagen gekookt te hebben, nog 3,5 p. c. water bevatte.

De afscheiding van ijzeroxyde van PÉAN, uit de troebele vloeistof, komt overeen met de derde en laatste dissociatie-periode, die alle oplossingen, van minder dan 1 p. c. gehalte, doorloopen.

Bij oplossingen van meer dan 1 p. c. heeft insgelijks bij hoogere temperatuur vorming van oplosbaar ijzeroxyde plaats, maar meer of minder spoedig herstel van ijzerchloride bij bekoeling, wanneer de verwarming niet te lang geduurd noch te sterk is geweest. Was dit laatste het geval, dan vormt zich eerst een geel onoplosbaar oxychloride, dat bij voortgezette verhitting in eene zwarte compacte massa van watervrij ijzeroxyde overgaat.

De volgende Tabel geeft een overzicht van de veranderingen die oplossingen van ijzerchloride bij verwarming ondergaan met opgave der temperatuur waarbij zij geschieden:

Sterkte in Procenten	Vorming van Fe_2O_3 v. GRAHAM.	Afscheiding van Fe_2O_3 van PÉAN.	Vorming van oxychloride.	Vorming van compact Fe_2O_3.
32	100°—130°		Boven 100°	140
16	100°—120°		idem	120
8	100°—110°		idem	110
4	90°—100°		90°	?
2	87°		87°	?
1	83°	100°—130° †)		
1/2	75°	100°—130°		
1/4	64°	idem		
1/8	54° *)	idem		
1/16	36° *)	idem		

II.

De bovenvermelde feiten geven de verklaring van eenige zonderlinge verschijnselen, die oplossingen van ijzerchloride vertoonen.

---

*) Ook bij een langer verblijf in de gewone temperatuur.

†) Gemengd met ijzer-hydroxyde.

In het jaar 1859 *) maakten A. W. HOFFMANN en E. FRANKFAND opmerkzaam op de eigenschap van ijzerchloride om troebele en voor de gezondheid schadelijke wateren te klaren. Zij stelden voor, deze toe te passen op de reiniging der groote hoeveelheden water, die toen door de groote riolen van Londen in de Theems werd gevoerd.

Later stelde GUNNING †) in de Drinkwater-Commissie voor, deze methode te gebruiken om aan het Maaswater te Rotterdam zijne voor de gezondheid schadelijke bestaanddeelen te ontnemen en het tot drinkwater geschikt te maken. Hij vond dat eene hoeveelheid van 0,032 gram ijzerchloride in oplossing voldoende is om 1 liter min of meer troebel water te klaren. Na verloop van 1 à 2 uren wordt eene afscheiding van ijzerhydroxyde geboren, dat alle in het water zwevende deeltjes insluit, en met deze bezinkt: er blijft in het water geen spoor van ijzer terug.

Evenmin kan er van het aanwezig zijn van vrij zoutzuur, waarvan bij bovengenoemde verhouding hoogstens 0,021 gram kan worden afgescheiden, eenig spoor worden gevonden, daar dit door de bicarbonaten van kalk, die bijna nooit ontbreken, wordt geneutraliseerd. Ten overvloede kan men 0,085 gram carbonas natricus per liter toevoegen, dat het vrije zuur, zoo het mocht voorkomen, verzadigt. Op deze wijze mocht het (l. c. Bijlage XVI) gelukken het Maaswater van zijne schadelijke bestanddeelen te bevrijden. De commissie heeft niet getracht eene verklaring te geven van de wijze, waarop hier het neêrslag van ijzer-hydroxyde wordt geboren. Later heeft GUNNING §) die trachten te geven. Hij zegt: „Bij chloretum ferricum, evenals bij „sulfas aluminicus en chromicum-zouten, wordt door de ver„dunning hunner oplossing de zamenhang tusschen zuur en basis „losser gemaakt, maar er moet nog iets bijkomen alvorens het „tot eene volledige scheiding komen kan. Dit bepalende kan

---

*) *Pharm. Journ. Transac.* [2] 1,328; *Civ. Ingen. Oct.* 1859; *Dingl. Polyt. Journ.* CLVI, p. 50. *Chem. Centrbl.* 1860, 398.

†) *Rapport aan den Koning van de commissie tot onderzoek van Drinkwater*, pag. 73.

§) *Aanteekeningen van het verhandelde in de Sectievergaderingen van het Prov. Utr. Gen.* 1869, p. 15.

„ zijn: warmte of licht, maar ook de aanwezigheid van fijne ge-
„ suspendeerde deeltjes van geleiachtigen of colloidalen (niet van
„ kristallijnen) aard."

Naar mijne proeven, meen ik eene andere verklaring daarvoor te moeten geven. Daaruit is gebleken dat ijzerchloride, in zeer verdunde waterige oplossing, bij de gewone luchttemperatuur gescheiden wordt in vrij zoutzuur en oplosbaar ijzeroxyde. Deze zelfde stoffen zullen zich ook vormen bij toevoeging eener oplossing van ijzerchloride bij rivier- of welwater. Men bemerkt dan ook inderdaad, dat de vloeistof, die, na de toevoeging van dit zout, aanvankelijk kleurloos was, zich spoedig bruinrood begint te kleuren. Het oplosbare ijzeroxyde heeft echter, onder deze omstandigheden, slechts een voorbijgaand bestaan: in alle natuurlijke wateren komen zouten van alcaliën voor die het oplosbare ijzeroxyde in onoplosbaar hydroxyde doen overgaan. Dit laatste zal zich bij voorkeur afzetten rondom de in het water zwevende organische of anorganische deeltjes en met deze ten bodem bezinken.

Om de juistheid dezer verklaring nader te toetsen, vulde ik maatflesschen van 1 liter met gedestilleerd water, rivierwater, gedestilleerd water met een paar druppels chloornatrium en sulfas natricus-oplossing bedeeld en liet in deze vier vloeistoffen papiervezels, amylumkorrels en sulfas baryticus zweven, en voegde nu tot elk der twaalf vloeistoffen eene oplossing van 0,032 gram ijzerchloride. Reeds na enkele minuten begonnen de vloeistoffen, die aanvankelijk kleurloos waren, bruinrood te worden en eenige oogenblikken later vertoonden zich in het rivierwater, en in het gedestilleerde water met chloornatrium en sulfas natricus bedeeld, vlokken van ijzer-hydroxyde, die de papiervezels, het zetmeel en de zwavelzure baryt omhulden, en na eenige uren daarmede op den bodem der flesschen waren bezonken. Gedurende deze afscheiding werden de vloeistoffen allengs lichter van kleur en waren ten slotte kleurloos. Na indampen van de heldere vloeistoffen was er geen spoor van ijzer in te vinden. In het gedestilleerde water daarentegen, dat met dezelfde zwevende stoffen was bedeeld, had geen spoor van afscheiding van hydroxyde plaats en de vloeistoffen behielden, ook na de bezinking der gesuspendeerde deeltjes, hunne roodbruine kleur.

In plaats van dus, met GUNNING, de afscheiding van ijzerhydroxyde te zoeken in aanwezigheid van *fijne gesuspendeerde deeltjes*, meen ik te hebben aangetoond, dat zij juist moet gezocht worden in de *stoffen van kristallijnen aard*, die in drinkwater nooit ontbreken.

In 1821 beschreef J. F. W. HERSCHEL *) eene methode om, door koken, ijzeroyde uit eene oplossing te verwijderen. Hij verzadigt de zure oplossing nauwkeurig met carbonas ammonicus en kookt haar vervolgens, waardoor al het ijzer „*tot het laatste atoom*” als hydroxyde wordt neêrgeslagen, terwijl Mangaan-, Cerium-, Nikkel- en Kobaltzouten in oplossing blijven. Hij voegt er bij dat de carbonaten van alcaliën, aarden en zware metalen, dezelfde precipitatie van ijzeroxyde ten gevolge hebben.

Zijne methode werd door anderen min of meer gewijzigd: J. N. FUCHS †) gebruikte carbonas calcis om de neutralisatie te bewerken, TH. SCHEERER §) hydras kalicus, PH. SCHWARZENBERG **) carbonas ammonicus, H. ROSE ††) ammoniak.

De reden van het ontstaan van het neêrslag is niet ver te zoeken: neutrale oplossingen van ijzerchloride worden, wanneer zij genoegzaam verdund zijn, bij koken omgezet in oplosbaar ijzeroxyde en vrij zoutzuur; het eerste wordt, bij tegenwoordigheid van zouten von alcaliën, omgezet in hydras ferricus, hetgeen zich vlokkig afzet. Indien deze verklaring juist is, dan moet de vloeistof, die in de koude volkomen geneutraliseerd is, bij koken eene zure reactie verkrijgen, hetgeen reeds door HERSCHEL werd opgemerkt.

Deze methode, om ijzeroxyde uit zijne oplossingen af te scheiden is meer en meer in onbruik geraakt, en vervangen door eene andere waarbij acetas natricus wordt toegevoegd, niettegen-

---

*) *Phil. Trans.* 1821, III, p. 293.

†) SCHWEIGER-SEIDEL'S *Jahrbuch*, Bd. 62, p. 184.

§) POGG. *Ann.* Bd. 42, p. 104.

**) *Ann. der Chemie und Pharm.* Bd. 97, p. 216.

††) POGG. *Ann.* Bd. 110, p. 292.

staande de kritiek zich nooit tegen haar heeft verklaard. Toch levert zij nauwkeurige resultaten: het komt er slechts op aan eene goede keus te doen van het zout hetgeen men ter neutralisatie gebruikt; na hetgeen pag. 194 is medegedeeld, meen ik hiervoor carbonas natricus te moeten aanbevelen.

Men verdunt de oplossing sterk, voegt vervolgens carbonas natricus toe, tot ze neutraal reageert, en brengt haar vervolgens aan het koken; het grootste deel van het ijzer zal zich dan als hydras ferricus afzetten en slechts sporen zullen door het gevormde zoutzuur in oplossing worden gehouden. Door nu de vloeistof opnieuw met carbonas natricus te verzadigen, zal al het ijzer worden afgescheiden.

III.

Na gevonden te hebben, dat oplossingen van ijzerchloride in water, bij verhooging van temperatuur, min of meer volkomen gesplitst worden in oplosbaar ijzeroxyde van GRAHAM en vrij zoutzuur, dat gedeeltelijk uit de vloeistof ontwijkt, kwam het mij wenschelijk voor quantitatief de hoeveelheid oplosbaar ijzeroxyde, ten opzichte van het onontlede ijzerchloride te bepalen. Die hoeveelheid hangt af van drie factoren:

1°. de concentratie der oplossing.

2°. de temperatuur.

3°. de tijd gedurende welke de temperatuur op de oplossing heeft ingewerkt.

De invloed van elk dier factoren is ons reeds uit de hiervoor medegedeelde onderzoekingen bekend:

1°. toenemende concentratie verhoogt de ontledingstemperatuur.

2°. toenemende temperatuur verhoogt de hoeveelheid oplosbaar ijzeroxyde.

3°. langere inwerking eener constante temperatuur verhoogt insgelijks de hoeveelheid oplosbaar ijzeroxyde *).

---

*) Dit bleek o. a. uit het feit, dat versch bereide oplossingen van $^1/_8$ en $^1/_{16}$ p. c., die eerst bij verwarming tot 54° en 36° beginnen ontleed te worden, bij eene langere blootstelling aan de gewone temperatuur, insgelijks ontleed worden.

Tot nog toe was alleen voor enkele gassen de dissociatie quantitatief bepaald. Bij deze lichamen heeft men in de dampdichtheid een eenvoudig middel om die te vinden. Bij hunne ontleding toch, vervalt één molecule in twee of meer moleculen. Daar nu, dan bij eene bepaalde temperatuur in dezelfde ruimte steeds een gelijk aantal gasmoleculen is bevat, volgens de wet van AVOGADRO, is de ruimte door de ontledingsproducten ingenomen, in verhouding tot die der oorspronkelijke verbinding, even veel malen grooter, als het aantal molekulen bedraagt, waarin het oorspronkelijke molekule is vervallen *).

Deze methode laat zich bij chloretum ferricum in oplossing moeielijk toepassen. Uit één molekule ijzerchloride en drie molekulen water ontstaan één molekule ijzeroxyde en drie molekulen zoutzuur. Vier molekulen, der op elkander inwerkende stoffen, geven derhalve het ontstaan aan even zoo vele molekulen der nieuw gevormde stoffen Had men derhalve met een gas of damp te doen, dan zou de dissociatie geen verandering in de dichtheid brengen. IJzerchloride echter is, tusschen de temperaturen waarbij het onderzoek plaats had, een vast lichaam; water eene vloeistof; oplosbaar ijzeroxyde heeft men nog niet watervrij kunnen verkrijgen, zoodat men omtrent den agregaat-toestand van dit lichaam in het onzekere is; zoutzuur eindelijk is een gas.

Nu heeft er bij oplossing van vaste lichamen, gassen en vloeistoffen in water contractie plaats, waarvan het moeielijk is de hoeveelheid te bepalen, te meer daar verschillende stoffen in oplossing daarop invloed uitoefenen. Hierbij komt dat, volgens de vroeger vermelde proeven, een deel van het zoutzuur gasvormig ontwijkt, waardoor het bijna onmogelijk wordt, al deze factoren in rekening te brengen. Dat echter bij de dissociatie verandering in de dichtheid van oplossingen van chloretum ferricum ontstaat, en wel vermindering van volumen, blijkt uit de volgende tabel, die het soortgelijk gewicht bevat eener op-

---

*) Zie hierover nader NAUMANN Thermochemie.

lossing van versch bereid en gedissocieerd ijzerchloride van $^1/_8$ p. c. sterkte *).

Temperatuur C.	Versch bereid en normaal.	Oud en gedissociëerd.
0°	1,00086	1,00060
10°	1,00080	1,00041
20°	0,99888	0,99850
30°	0,99682	0,99644
40°	0,99452	0,99386
50°		0,98929
60°		0,98468
70°		0,97937
80°		0,97394
90°		0,96776
100°		0,96114

De door GRAHAM gevonden eigenschap van het oplosbare ijzeroxyde om door neutrale zouten der alcaliën onoplosbaar in water te worden, geeft het middel aan de hand om de hoeveelheid oplosbaar ijzeroxyde in verhouding tot het onveranderde ijzerchloride te bepalen. Voegt men toch, bij eene gedeeltelijk ontlede oplossing van ijzerchloride, chloornatrium, dan wordt daardoor het oplosbare ijzeroxyde als een fijn vlokkig neêrslag afgescheiden, hetgeen men op een filter kan verzamelen, branden en wegen, terwijl het ijzeroxyde van het onveranderde ijzerchloride uit het filtraat door ammoniak kan worden neêrgeslagen, afgefiltreerd en gewogen.

Daar, volgens het vorige, oplossingen van meer dan 1 p. c. gehalte eerst bij temperaturen boven 100° ontleed worden, werden de proeven begonnen met oplossingen van 1 p. c. en minder gehalte.

*) De bepaling van het soortelijk gewicht had plaats volgens eene methode reeds vroeger door mij gebruikt. Zie F. W. KRECKE, De verhouding van wijnsteenzuur tegenover gepolariseerd licht, pag. 35.

Om deze oplossingen te kunnen verwarmen, zonder verlies van water, en tevens in staat te zijn een gedeelte der vloeistof op een gegeven oogenblik te onderzoeken, werd gebruik gebruik gemaakt van den volgenden toestel: De vloeistof was bevat in een glazen kookkolf; deze was met een kurk met drie openingen gesloten. Door de eerste dompelde een thermometer tot in de vloeistof; door de tweede reikte een tweemaal rechthoekig omgebogen glazen hevel tot nabij den bodem van het vat; door de derde eindelijk ging eene korte glazen buis, aan beide zijden open, tot even onder den kurk. Aan het boveneinde daarvan werd een caoutchoukbuis met klemkraan geschoven, die in een tweede glazen buis uitliep. Werd nu de klemkraan geopend, en door de buis geblazen, dan werd daardoor de hevel in werking gebracht, en men kon de vloeistof in een bekerglas opvangen. Had men op deze wijze genoeg vloeistof verzameld, dan kon men door even te zuigen de hevel buiten werking stellen. De kolf was geplaatst op een zandbad en kon door eene daaronder geplaatste gasvlam verwarmd worden.

Verlangde men de kolf gedurende vele uren aan eene constante temperatuur bloot te stellen, dan werd zij, door middel van een ring waaraan drie koperdraden waren bevestigd, opgehangen in een bekerglas, met water gevuld, dat op een zandbad was geplaatst en door een zich daaronder bevindende gasvlam werd verwarmd. Om de temperatuur gedurende de proef standvastig te houden, dompelde in het water, dat in het bekerglas bevat was, een kwikregulateur voor gas zoo als die door prof. HEYNSIUS beschreven is *), echter in zooverre gewijzigd, dat de uitvloeiingsbuis voor het gas niet vlak maar schuin was afgeslepen. Hierdoor werd de temperatuur binnen de grens van 0,5 graad geregeld. Om het water in het bekerglas, zooveel noodig, op een standvastig niveau te houden, was dit, door middel van een' hevel, in verbinding gebracht met een groot vat koud water.

---

*) *Nieuw Tijdschrift voor de Pharmacie in Nederland,* 1870, pag. 1.

De volgende zijn de resultaten der gedane proeven:

IJZERCHLORIDE-OPLOSSING 1 *p. c.*.

Om zooveel mogelijk in gelijke tijdruimten gelijke hoeveelheden warmte aan te voeren, werd de vlam onder het zandbad zoodanig geregeld, dat de temperatuur elke 5 minuten 5 graden steeg. Reeds bij 68° begon de vloeistof donker van kleur te worden, en vertoonde zich weldra bij doorvallend licht helder, bij opvallend licht daarentegen troebel. Vroeger (pag. 191) werd 83° als de ontledingstemperatuur opgegeven; dit verschil moet verklaard worden doordat toen de vloeistof spoediger werd verwarmd.

Gedeelten der vloeistof, met een weinig chloornatrium vermengd, gaven bij de volgende temperaturen de volgende uitkomsten:

Temperatuur.	75°	80°	85°	90°	95°	100°
Oplosbaar ijzeroxyde	Gr. 0,0051	0,0202	0,0531	0,0513	0,0890	0,1246
Fe_2O_3 van onverand Fe_2Cl_6.	Gr. 0,1841	0,1436	0,1563	0,0776	0,1032	0,1263
p. c. ontleed.	2,7	12,3	25,4	39,8	46,3	49,9

Bij 100° is de ontleding dus eerst half volbracht. Stelt men de dissociatie graphisch voor, dan verkrijgt men eene S vormig gebogen lijn, overeenkomende met die welke door PLAIFAIR en WANKLIJN voor den damp van ondersalpeterzuur was gevonden *).

Werd de vloeistof gedurende geruimen tijd op eene tempe-

*) NAUMANN, Thermochemie, p. 62.

ratuur van 75° gehouden, dan vermeerderde het ontlede deel der oplossing aanzienlijk, gelijk blijkt uit de volgende tabel:

Na	1 uur.	2 uur.	3 uur.	4 uur.	6 uur.	8 uur.	10 uur.	12 uur.
Oplosbaar ijzeroxyde Gr.	0,1623	0,1273	0,1271	0,0683	0,1610	0,1098	0,1654	0,0435
Fe_2O_3 van onverand. Fe_2Cl_6	0,2821	0,1760	0,1746	0,0873	0,2040	0,1326	0,1955	0.0524
p. c. ontleed	36,5	41,9	42,1	43,8	44,1	45,3	45,8	45,3

Men ziet hieruit dat bij het begin der verwarming de hoeveelheid ontleed ijzerchloride snel stijgt om daarna minder toe te nemen, en eindelijk, na ongeveer 12 uren, constant te blijven.

Wordt de oplossing geruimen tijd aan eene temperatuur van 100° blootgesteld, dan geeft zij de volgende resultaten:

Na	1 uur.	2 uur.	3 uur.	4 uur.	6 uur.	8 uur.	10 uur.	12 uur.
Oplosbaar ijzeroxyde Gr.	0,1522	0,1623	0,1056	0,0820	0,0724	0,0785	0,1206	0,0885
Fe_2O_3 van onverand. Fe_2Cl_6	0,0924	0,0870	0,0516	0,0373	0.0308	0,0326	0,0490	0,0373
p. c. ontleed	62,2	65,1	67,2	68,8	70,1	70,6	71,1	70,4

De graphische voorstelling van beide laatste reeksen van cijfers toont aan, dat beide lijnen van 75° en 100° bijna evenwijdig loopen.

IJZERCHLORIDE-OPLOSSING $^1/_2$ p. c.

Deze werd op dezelfde wijze als vroeger, op een zandbad zoodanig verwarmd, dat de temperatuur elke 5 minuten 5 graden klom. Bij 61° begon de vloeistof donker van kleur te worden. Zij leverde de volgende uitkomsten :

Temperatuur.	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°	100°
Oplosbaar ijzeroxyde.	Gr. 0,0537	0,1054	0,1111	0,1279	0,1544	0,1457	0,1441	0,3371
$Fe_2\ O_3$ van onverand. $Fe_2\ Cl_6$	Gr. 0,1614	0,2081	0,1567	0,1310	0,1302	0,0973	0,0788	0,1457
p. c. ontleed	24,9	33,6	41,5	49,0	54,2	59,9	64,6	69,8

Bij 100° is dus de ontleding voor $^7/_{10}$ volbracht. Stelt men de dissociatie graphisch voor, dan verkrijgt men een tak van een parabel. Wordt de vloeistof gedurende geruimen tijd aan eene temperatuur van 65° blootgesteld, dan geeft zij de volgende uitkomsten :

Na	$^1/_4$ uur.	$^1/_2$ uur.	1 uur.	2 uur.	3 uur.	4 uur.	6 uur.	8 uur.	10 uur.	12 uur.
Oplosbaar ijzeroxyde (Gr.)	0,1013	0,1015	0,1025	0,1022	0,1274	0,1443	0,1277	0,1475	0,1049	0,1245
$Fe_2\ O_3$ van onverand. $Fe_2\ Cl_6$	0,1490	0,1265	0,1064	0,0915	0,1069	0,1172	0,0942	0,1024	0,0692	0,0802
p. c. ontleed.	40,4	44,5	49,1	52,2	54,4	55,2	58,0	59,0	60,2	60,8

Bij nog langere verwarming vermeerdert de hoeveelheid ontleed ijzerchloride niet merkbaar : na 24 uur bedroeg die 60,5 p. c. en na 48 uur 61,0 p. c.

Wordt eene oplossing van ½ p. c. aan eene temperatuur van 80° blootgesteld, dan geeft zij de volgende uitkomsten:

Na	¼ uur.	½ uur.	1 uur.	2 uur.	3 uur.	4 uur.	6 uur.	8 uur.	10 uur.	12 uur.
Oplosbaar ijzeroxyde (Gr.)	0,0891	0,0996	0,1088	0,1034	0,1370	0,1269	0,1461	0,1385	0,1800	0,2542
Fe_2O_3 van onverand. Fe_2Cl_6	0,0875	0,0858	0,0855	0,0715	0,0799	0,0635	0,0658	0,0526	0,0672	0,0909
p. c. ontleed.	50,4	53,7	56,0	59,1	63,2	66,6	69,0	71,4	72,8	73,6

Bij eene temperatuur van 100° leverde de oplossing de volgende uitkomsten:

Na	¼ uur.	½ uur.	1 uur.	2 uur.	3 uur.	4 uur.	6 uur.	8 uur.	10 uur.	12 uur.
Oplosbaar ijzeroxyde (Gr.)	0,0846	0,1033	0,1026	0,1285	0,1127	0,1229	0,1305	0,1373	0,1213	0,3456
Fe_2O_3 van onverand. Fe_2Cl_6	0,0574	0,0569	0,0481	0,0507	0,0428	0,0380	0,0316	0,0297	0,0243	0,0634
p. c. ontleed.	59,6	64,4	68,1	71,7	72,5	76,5	80,5	82,2	83,3	84,5

De lijnen, die de ontleding voor temperaturen van 65°, 80° en 100° voorstellen loopen ongeveer evenwijdig en vertoonen denzelfden vorm als die van de oplossing van 1 p. c. voor 75° en 100°.

De cijfers in bovenstaande tabellen leeren, dat bij voortdurende verwarming tot eene constante temperatuur de dissociatie een zeker maximum bereikt, dat door langduriger verwarming niet overschreden wordt.

BIJDRAGE

TOT DE

THEORIE DER ELECTRO-DYNAMISCHE POTENTIAAL.

DOOR

C. H. C. GRINWIS.

Voorgedragen in de Gewone Vergadering van 29 October 1870.

Nadat men in de leer der attractie met voordeel van de krachtfunctie gebruik had gemaakt, was de invoering der potentiaal in de electrostatica daarvan een noodzakelijk gevolg, en van niet minder gewigt.

Toen hare eigenschappen waren opgespoord en met voordeel gebruikt, ontstond van zelf de wenschelijkheid haar op electrische stroomen toe te passen, waar het werkingen naar buiten geldt. Die toepassing geeft ook hier voordeel. Zoo wordt de inductie tusschen gesloten geleiders ingevolge de wet van LENZ door de potentiaal der electrodynamische werking volkomen bepaald; wanneer echter de geleiders geopend zijn, stuit men op eigenaardige bezwaren.

HELMHOLTZ heeft onlangs in eene verhandeling *„Ueber die Bewegungsgleichungen der Elektricität* *) dit punt onderzocht. Hij wees op de verschillende waarden voor de potentiaal van twee stroomelementen, wanneer men die van de verschillende uitdrukkingen voor de werkingen van gesloten stroomen afleidt; toonde hoe dit verschil (waarvan alleen bij stroomelementen en open stroomen sprake zijn kan) aan een bepaalden

*) BORCHARDT's *Journal*, Band 72, Seite 57 u. s. w.

vorm gebonden is en wegens het verdwijnen bij integratie voor gesloten stroomen identische resultaten geeft. Uit een onderzoek omtrent de stabiliteit der vrije electriciteit bij stroomen van willekeurigen vorm bleek hem, welke coëfficiënt en teeken aan de uitdrukking die dit verschil aangeeft, moet worden toegekend.

Terwijl hij verder de door C. F. NEUMANN gevonden potentiaal voor gesloten geleiders van eindige afmetingen ook voor stroomelementen meent te moeten aannemen, komt hij eindelijk tot een algemeenen vorm, waarin alle potentialen van de werking tusschen stroomelementen begrepen zijn.

Ofschoon nu HELMHOLTZ niet nader bij dit punt stilstaat en tot het eigenlijke onderwerp zijner verhandeling overgaat, is het wenschelijk, naar aanleiding van de door hem gegeven algemeene formule, de verschillende uitdrukkingen voor de electrodynamische potentiaal en voor de werking tusschen twee stroomelementen na te gaan, meer bepaaldelijk de gebruikelijke theorieën van AMPÈRE en WEBER en de nieuwere theorie van C. NEUMANN in dit opzigt nader te onderzoeken.

Onder de uitdrukkingen voor de werking op afstand van galvanische stroomen is er geen door de ervaring beter bevestigd dan de inductiewet van C. F. NEUMANN. In het aanhangsel tot zijne tweede verhandeling *), wordt de potentiaal-uitdrukking voor de werking van twee gesloten stroomen op elkander gegeven, welke potentiaal de basis zijner inductiewet vormt; hare verandering is evenredig aan de geïnduceerde electromotorische kracht.

Noemen wij eene afstooting positief, zoo zal, als ε den hoek tusschen twee stroomelementen ds en ds', met de stroomsterkten i en i', aanduidt, wier afstand r is,

$$W = - \tfrac{1}{2}\, i i' \int\!\!\int \frac{Cos.\,\varepsilon}{r}\, ds\, ds' \,, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (1)$$

de integralen daarbij uitgestrekt over beide geleiders, die potentiaal voorstellen. Dan toch zal, als X, Y, Z de som van de

*) Zie over beide Verhandelingen: *Abhand. der Berliner Academie*, 1845 u. 1847.

composanten der electrodynamische werking van s' op s volgens drie onderling regthoekige rigtingen aanduiden, en da, db, dc de verplaatsingen van s evenwijdig aan de assen aangeven:

$$X = -\frac{dW}{da}, \quad Y = -\frac{dW}{db}, \quad Z = -\frac{dW}{dc};$$

terwijl bij draaijing $d\alpha$, $d\beta$, $d\gamma$ van s om die drie assen de momenten der electrodynamische werking ten opzigte dier assen zijn,

$$X' = -\frac{dW}{d\alpha}, \quad Y' = -\frac{dW}{d\beta}, \quad Z' = -\frac{dW}{d\gamma}.$$

De uitdrukking (1) heeft bovendien eene andere gewigtige beteekenis; men heeft toch in $-W$ het deel van het aanwezige arbeidsaequivalent, dat door het gelijktijdig aanwezig zijn der stroomen i en i' bepaald wordt. Daar eene dergelijke functie ook voor twee gelijktijdig aanwezige niet gesloten stroomen moet bestaan, meent HELMHOLTZ de uitdrukking

$$-A^2\, i i' \frac{Cos.\, \varepsilon}{r}\, ds\, ds', \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

waarin de constante A^2 door NEUMANN $= \frac{1}{2}$ gesteld is, als de potentiaal voor twee stroomelementen ds en ds' te moeten aannemen. Hij onderzoekt nu welke de algemeenste vorm voor de potentiaal van stroomelementen is, die voor het geval dat een of twee der stroomen gesloten is eene zelfde waarde als de formule van NEUMANN geeft; het resultaat is, dat elke potentiaal, die aan dien eisch voldoet, noodzakelijk den vorm

$$-A^2 i i' \frac{Cos.\, \varepsilon}{r}\, ds\, ds' + B i i' \frac{d^2 r}{ds\, ds'}\, ds\, ds' \quad \ldots\ldots (3)$$

hebben moet, waarin B eene constante voorstelt.

$$\iint \frac{d^2 r}{ds\, ds'}\, ds\, ds'$$

zal toch voor het geval dat s of s' gesloten is verdwijnen.

Wanneer nu (3) als de meest algemeene vorm voor de potentiaal van twee stroomelementen wordt aangenomen, is hierbij ondersteld:

1°. Dat de werking op afstand bij stroomelementen op dezefde wijze van den afstand afhangt als dit bij alle andere electrische werkingen het geval is, zoodat de kracht tusschen twee deeltjes werkzaam evenredig aan $\frac{1}{r^2}$ is.

2°. Dat die werking als regtstreeks evenredig aan de beide stroomsterkten i en i' kan worden aangenomen.

Stelt men de constante B uit (3) onder den vorm

$$-\frac{1-k}{2}A^2,$$

zoo wordt (3):

$$-A^2 i i' \left(\frac{Cos.\,\varepsilon}{r} + \frac{1-k}{2}\frac{d^2 r}{ds\,ds'}\right) ds\,ds' \quad . \; . \; . \; . \; . \; (4)$$

Zijn nu x, y, z, x', y', z' de cöordinaten van ds en ds', θ en θ' de hoeken, die zij met de positieve rigting der r maken, zoo hebben wij:

$$r^2 = (x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2$$

$$\left.\begin{aligned} r\frac{dr}{ds}ds &= (x-x')\,dx + (y-y')\,dy + (z-z')\,dz = r\,Cos\theta\,ds \\ r\frac{dr}{ds'}ds' &= -(x-x')dx' - (y-y')dy' - (z-z')dz' = -r\,Cos\theta' ds' \end{aligned}\right\} .(5)$$

de tweede vergelijking nog eens differentiërende krijgt men:

$$\frac{d\left(r\frac{dr}{ds}\right)}{ds'}ds\,ds' = -(dx\,dx' + dy\,dy' + dz\,dz')$$

of

$$\left.\begin{array}{l}\dfrac{d\left(r\dfrac{dr}{ds}\right)}{ds'}=\dfrac{dr}{ds}\dfrac{dr}{ds'}+r\dfrac{d^2 r}{ds\,ds'}=-\left\{\dfrac{dx}{ds}\cdot\dfrac{dx'}{ds'}+\dfrac{dy}{ds}\dfrac{dy'}{ds'}+\dfrac{dz}{ds}\dfrac{dz'}{ds'}\right\}=-Cos\varepsilon \\ \text{dus} \\ \dfrac{d^2 r}{ds\,ds'}=\dfrac{1}{r}\,Cos\theta\,Cos\theta'-\dfrac{Cos\varepsilon}{r}\;\ldots\ldots\ldots\end{array}\right\}.(6)$$

Daardoor gaat (4) over in:

$$W=-\tfrac{1}{2}A^2\frac{i\,i'}{r}\left\{(1+k)\,Cos\varepsilon+(1-k)\,Cos\theta\,Cos\theta'\right\}ds\,ds'\ldots.(7a)$$

zijnde dit de meest algemeene formule voor de potentiaal van twee stroomelementen.

Ingevolge de betrekkingen (5) en (6) neemt zij nog een tweeden vorm aan:

$$W=\frac{A^2}{2}.\,i\,i'\left\{(1+k)\frac{d^2 r}{ds\,ds'}+\frac{2}{r}\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\right\}ds\,ds'\quad\ldots(7b)$$

in welke formulen (7*a*) en (7*b*) aan *k* eene willekeurige constante waarde moet worden toegekend, en wel stemmen blijkens volgende onderzoekingen van HELMHOLTZ positieve waarden van *k* met *stabiel*, negatieve waarden met *labiel* evenwigt der vrije electriciteit overeen.

Leiden wij hieruit de algemeene uitdrukking voor de werking tusschen twee stroomelementen af, zoo zal voor de werking van *ds'* op *ds*.

$$X\,ds\,ds'=-\frac{dW}{dx},\quad Y\,ds\,ds'=-\frac{dW}{dy},\quad Z\,ds\,ds'=-\frac{dW}{dz}.$$

Vervormen wij nu de vergelijking (7*b*) naar aanleiding van (6) in:

$$W=\frac{A^2}{2}i\,i'\left\{(1+k)\frac{1}{r}\frac{d\left(r\dfrac{dr}{ds}\right)}{ds'}+(1-k).\frac{1}{r}\frac{dr}{ds}\cdot\frac{dr}{ds'}\right\}ds\,ds'$$

en merken wij op dat ingevolge (6)

$$\frac{d\left(\dfrac{d\left(r\dfrac{dr}{ds}\right)}{ds'}\right)}{dx}=0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (8a)$$

terwijl

$$\frac{d\left(\dfrac{1}{r}\dfrac{dr}{ds}\dfrac{dr}{ds'}\right)}{dx}=\frac{d\left(\dfrac{1}{r^3}\cdot\left(r\dfrac{dr}{ds}\right)\left(r\dfrac{dr}{ds'}\right)\right)}{dx}=$$

$$=3\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\frac{d\left(\dfrac{1}{r}\right)}{dx}+\frac{1}{r^2}\frac{dr}{ds'}\frac{d\left(r\dfrac{dr}{ds}\right)}{dx}+\frac{1}{r^2}\frac{dr}{ds}\frac{d\left(r\dfrac{dr}{ds'}\right)}{dx} \quad ..(8b)$$

en uit (5):

$$\frac{d\left(r\dfrac{dr}{ds}\right)}{dx}=\frac{dx}{ds},\quad \frac{d\left(r\dfrac{dr}{ds'}\right)}{dx}=-\frac{dx'}{ds'} \quad \ldots\ldots (8c)$$

zoodat

$$\frac{d\left(\dfrac{1}{r}\dfrac{dr}{ds}\dfrac{dr}{ds'}\right)}{dx}=-\frac{3}{r^2}\frac{dr}{ds}\cdot\frac{dr}{ds'}\cdot\frac{dr}{dx}+\frac{1}{r^2}\frac{dr}{ds'}\frac{dx}{ds}-\frac{1}{r^2}\frac{dr}{ds}\frac{dx'}{ds'} \quad ..(8d)$$

dan volgt terstond:

$$Xds\,ds'=-\frac{dW}{dx}=\frac{A^2}{2}\frac{i\,i'}{r^2}\left\{(1+k)\frac{d\left(r\dfrac{dr}{ds}\right)}{ds'}\frac{dr}{dx}+\right.$$

$$\left.+3(1-k)\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\frac{dr}{dx}-(1-k)\left(\frac{dr}{ds'}\frac{dx}{ds}-\frac{dr}{ds}\frac{dx'}{ds'}\right)\right\}ds\,ds' \quad \ldots (9a)$$

$$=\frac{A^2}{2}\frac{i\,i'}{r^2}\left\{\left((1+k)r\frac{d^2r}{ds\,ds'}+2(2-k)\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\right)\frac{dr}{dx}-\right.$$

$$\left.-(1-k)\left(\frac{dr}{ds'}\frac{dx}{ds}-\frac{dr}{ds}\frac{dx'}{ds'}\right)\right\}ds\,ds' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (9b)$$

$$=\frac{A^2}{2}\frac{ii'}{r^2}\Big\{\Big(-(1+k)Cos\varepsilon-3(1-k)Cos\theta\, Cos\theta'\Big)Cos.\varphi_1+$$

$$+(1-k)\{Cos\theta' Cos\alpha+Cos\theta\, Cos\alpha'\}\Big\}\,ds\,ds' \quad \ldots\ldots \quad (9c)$$

in welke laatste uitdrukking φ_1, α, α' de hoeken zijn die r, ds en ds' met de x-as maken.

Dergelijke waarden volgen op dezelfde wijze voor $Y ds\, ds'$ en $Z ds\, ds'$.

In deze vergelijkingen hebben wij dan de meest algemeene uitdrukkingen voor de composanten der werking tusschen twee stroom-elementen voor het geval dat die werking van eene potentiaal mag worden afgeleid, daarbij de beide straks genoemde hypothesen aannemende. Wij merken daarbij op, dat blijkens (9c) de niet algemeene factor $Cos\,\varphi_1$ er op wijst, dat, behoudens het geval $k=1$, die werking niet als eene enkele werking volgens de verbindingslijn r mag worden opgevat; dat daarin met het oog op den term

$$A^2\,\frac{(1-k)}{2}\frac{i\,i'}{r^2}(Cos\theta'\, Cos\alpha+Cos\theta\, Cos\alpha')\, ds\, ds'$$

krachten zijn opgenomen in de rigtingen der elementen ds en ds', welke voor het geval van gesloten stroomen, zooals uit de formulen (9a) en (9b) blijkt, bij integratie verdwijnen.

Voor de bijzondere gevallen geven nu de algemeene uitdrukkingen voor potentiaal en kracht de volgende formulen, waarin A^2 telkens, door de eenheid bij de kracht-uitdrukkingen te bezigen, moet worden bepaald.

1[e] *Geval.* $k=1$. De potentiaal van NEUMANN

$$\left.\begin{aligned} W &= -A^2\, i\,i'\frac{Cos\varepsilon}{r}\, ds\, ds' \\ &= A^2\, i\,i'\left(\frac{d^2 r}{ds\, ds'}+\frac{1}{r}\frac{dr\; dr}{ds\, ds'}\right) ds\, ds' \end{aligned}\right\} \quad \ldots (10a)$$

$$\left.\begin{aligned} X ds\, ds' &= -A^2\,\frac{i\,i'\, ds\, ds'}{r^2} Cos\varepsilon\;\, Cos\,\varphi_1\,, \\ &= i\,i'\, ds\, ds'\left(r\,\frac{d^2 r}{ds ds'}+\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\right)\frac{dr}{dx} \end{aligned}\right\} \quad \ldots (10b)$$

2e *Geval.* $k = 0$. De potentiaal van CLARK MAXWELL *).

$$\left.\begin{aligned} W &= -\frac{A^2}{2}\frac{ii'}{r}\,(Cos\varepsilon + Cos\theta\;Cos\theta')\,ds\,ds' \\ &= \frac{A^2}{2}\,ii'\left(\frac{d^2 r}{ds\,ds'} + \frac{2}{r}\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\right)ds\,ds' \end{aligned}\right\} \;.\;.\; (11a)$$

$$\left.\begin{aligned} X\,ds\,ds' = &-\frac{A^2}{2}\frac{ii'\,ds\,ds'}{r^2}\Big\{(Cos\varepsilon + 3\,Cos\theta\;Cos\theta')\,Cos\varphi_1 - \\ &\qquad - (Cos\theta'\;Cos\,\alpha + Cos\theta\;Cos\,\alpha')\Big\} \\ = &\frac{A^2}{2}\frac{ii'\,dsds'}{r^2}\left\{\left(r\frac{d^2 r}{ds\,ds'} + 4\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\right)\frac{dr}{dx} - \left(\frac{dr}{ds'}\frac{dx}{ds} + \frac{dr}{ds}\frac{dx'}{ds'}\right)\right\} \end{aligned}\right\} (11b)$$

3e *Geval.* $k = -1$. De potentiaal van WEBER.

$$\left.\begin{aligned} W &= -A^2\frac{ii'}{r}\,Cos\theta\;Cos\theta'\,ds\,ds' \\ &= A^2\frac{ii'}{r}\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\,ds\,ds' \end{aligned}\right\} \;.\;.\;.\; (12a)$$

$$\left.\begin{aligned} X\,ds\,ds' = &-A^2\frac{ii'}{r^2}\Big\{3\,Cos\theta\;Cos\theta'\;Cos\varphi_1 - (Cos\theta'\;Cos\alpha + \\ &\qquad + Cos\,\theta\;Cos\alpha')\Big\}\,ds\,ds' \\ = &\;A^2\frac{ii'}{r^2}\left\{3\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\frac{dr}{dx} - \left(\frac{dr}{ds'}\frac{dx}{ds} - \frac{dr}{ds}\frac{dx'}{ds'}\right)\right\}ds\,ds' \end{aligned}\right\} (12b)$$

Beschouwen wij thans, in verband met het door HELMHOLTZ gegevene, de uitdrukkingen van AMPÈRE, WEBER en C. NEUMANN voor de werkingen van twee stroomelementen op elkander.

---

*) *Phil. Trans. of the Royal Society* 1865. P. I. p. 459—512.

1e *Formule van* AMPÈRE.

Zooals bekend is, laat zich de werking tusschen twee stroomelementen ds en ds' volgens AMPÈRE voorstellen door de uitdrukking

$$-\frac{i\,i'}{r^2}\left(Cos\varepsilon - \frac{3}{2}\,Cos\theta\;Cos\theta'\right) ds\,ds' \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;. \quad (13)$$

waarin ε, θ, θ', dezelfde beteekenis als boven hebben, terwijl die werking volgens de verbindingslijn r gerigt is.

Voor de composanten dier werking hebben wij dus:

$$\left.\begin{aligned} X\,ds\,ds' &= -\frac{i\,i'}{r^2}\left(Cos\varepsilon - \frac{3}{2}\,Cos\theta\;Cos\theta'\right)Cos\varphi_1\;ds\;ds' \\ &= \frac{i\,i'}{2\,r^2}\left(2r\frac{d^2 r}{ds\,ds'} - \frac{dr}{ds}\,\frac{dr}{ds'}\right)\frac{dr}{dx}\,ds\,ds' \end{aligned}\right\} \;.\;.\; (14)$$

Eene vergelijking dezer uitdrukkingen met de formulen (9) toont terstond dat de elementaire formule van AMPÈRE geen potentiaal heeft.

Om de beteekenis dezer formule te beter te doen uitkomen kunnen wij den omgekeerden weg inslaande nagaan in hoever de tweede waarde van $X\,ds\,ds'$ zich als een partiëel differentiaalquotëint ten opzigte van x laat voorstellen. Wij hebben daartoe *) lettende op (6) en (8) achtervolgens:

$$\frac{1}{2\,r^2}\left\{2r\frac{d^2 r}{ds\,ds'} - \frac{dr}{ds}\cdot\frac{dr}{ds'}\right\}\frac{dr}{dx}$$

$$= \left\{-r\frac{d^2 r}{ds\,ds'} + \frac{1}{2}\,\frac{dr}{ds}\,\frac{dr}{ds'}\right\}\frac{d\left(\frac{1}{r}\right)}{dx}$$

$$= \left\{\frac{3}{2}\,\frac{dr}{ds}\,\frac{dr}{ds'} - \frac{d\left(r\frac{dr}{ds}\right)}{ds'}\right\}\frac{d\left(\frac{1}{r}\right)}{dx}$$

---

*) Zie ook ROCH, *Zeitschrift für Math. u. Physik.* 1859, S. 259.

$$= \frac{3}{2}\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\frac{d\left(\frac{1}{r}\right)}{dx} - \frac{d}{dx}\left(\frac{1}{r}\frac{d\left(r\frac{dr}{ds}\right)}{ds'}\right) =$$

$$= \tfrac{1}{2}\frac{d\left(\frac{1}{r}\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\right)}{dx} - \frac{d}{dx}\left(\frac{1}{r}\frac{d\left(r\frac{dr}{ds}\right)}{ds'}\right) - \frac{1}{2r^2}\left(\frac{dr}{ds'}\frac{dx}{ds} - \frac{dr}{ds}\frac{dx'}{ds'}\right)$$

$$= -\frac{d}{dx}\left(\frac{d^2 r}{ds\,ds'} + \frac{1}{2r}\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\right) - \frac{1}{2r^2}\left(\frac{dr}{ds'}\frac{dx}{ds} - \frac{dr}{ds}\frac{dx'}{ds'}\right) . \quad (15)$$

De tweede term laat zich niet tot den vorm $\frac{dP}{dx}$ brengen, waardoor het straks gevondene bevestigd wordt. Daaruit dat die tweede term bij twee gesloten stroomen verdwijnt volgt dat *voor dit geval* de uitdrukking

$$i\,i'\left(\frac{d^2 r}{ds\,ds'} + \frac{1}{2r}\frac{dr}{ds}\cdot\frac{dr}{ds'}\right)ds\,ds' \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; (16)$$

als de potentiaal van AMPÈRE kan worden beschouwd.

Uit (15) volgt derhalve dat zoo men bij de composante der krachtuitdrukking van AMPÈRE den term

$$\frac{i\,i'}{2r^2}\left(\frac{dr}{ds'}\frac{dx}{ds} - \frac{dx}{ds}\cdot\frac{dx'}{ds'}\right)ds\,ds' \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; (17)$$

voegt, zij als van eene potentiaal afgeleid kan worden beschouwd, zij wordt dan:

$$X ds\,ds' = \frac{i\,i'}{r^2}\left\{\left(-Cos\varepsilon + \frac{3}{2}\,Cos\vartheta\;Cos\vartheta'\right)Cos\varphi_1 - \tfrac{1}{2}\left(Cos\vartheta'\;Cos\alpha + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \,Cos\theta\;Cos\alpha'\right)\right\} ds\,ds'$$

en vergelijkt men deze met (9c), zoo blijkt dat zij daarmede voor $k = 3$ en $A^2 = \frac{1}{2}$ volmaakt overeenstemt. De toevoeging

(17) kan dan weder als de som der composanten van twee krachten beschouwd worden, die in de rigtingen der elementen werken en voor gesloten stroomen verdwijnen. Door die toevoeging houdt de werking op volgens de verbindingslijn der elementen gerigt te zijn.

Hieruit volgt verder dat voor de werking tusschen twee stroomelementen met gelijk regt als de formule van AMPÊRE de meer algemeene formule

$$\frac{i\,i'}{4r^2}\left(-(1+k)\,Cos\varepsilon - 3(1-k)\,Cos\theta\,Cos\theta'\right) ds\,ds' \quad . \; . \; . \; (18a)$$

$$= \frac{i\,i'}{4\,r^2}\left((1+k)\,r\frac{d^2\,r}{ds\,ds'} + 2(2-k)\frac{dr}{ds}\cdot\frac{dr}{ds'}\right) ds\,ds' \quad . \; . \; . \; . \; . \; (18b)$$

kan worden gebruikt; waarin aan k eene *willekeurige* waarde kan gegeven worden. Voor $k = 3$ volgt de formule van AMPÈRE, terwijl hier en voor alle waarden van k de werking volgens de verbindingslijn r der elementen ondersteld wordt. — Terwijl bij de beschouwing van stroomelementen in geopende geleiders de formulen (18) gewijzigd moeten worden, zooals boven is aangetoond, geven al die vormen (18) voor het geval dat beide stroomen gesloten zijn goede resultaten.

Het geval $k = 1$, het eenige, waarbij (18) onvoorwaardelijk mag worden toegepast, geeft schijnbaar de eenvoudigste uitdrukking,

$$-\frac{i\,i'}{2}\,\frac{Cos\varepsilon}{r^2}\,ds\,ds'.$$

Bij toepassing op bepaalde voorbeelden moet gewoonlijk de daaraan gelijke vorm

$$\frac{i\,i'}{2r}\left(\frac{d^2\,r}{ds\,ds'} + \frac{1}{r}\,\frac{dr}{ds}\,\frac{dr}{ds'}\right) ds\,ds'$$

gebezigd worden, die niet meer zoo eenvoudig is.

De gewone formule van AMPÈRE munt in dit opzigt uit, daar

dan de krachtuitdrukking, zooals bekend is, de volgende vormen aanneemt,

$$R = + \frac{i\,i'\,ds\,ds'}{r^2}\left(r\frac{d^2 r}{ds\,ds'} - \frac{1}{2}\frac{dr}{ds}\frac{dr}{ds'}\right) ds\,ds'$$

$$= \frac{i\,i'\,ds\,ds'}{\sqrt{r}} \frac{d\left(\frac{1}{\sqrt{r}} Cos\theta\right)}{ds'}$$

$$= \frac{2\,i\,i'\,ds\,ds'}{\sqrt{r}} \frac{d^2\sqrt{r}}{ds\,ds'}.$$

Voor $k=2$ vinden wij

$$R = \frac{i\,i'}{r}\frac{d^2 r}{ds\,ds'}\,ds\,ds'.$$

Het voordeel der algemeene formule (18) is daarin gelegen dat voor elk bijzonder geval k zoodanig gekozen kan worden dat de formule (18b) den meest bruikbaren vorm levert. Het zou van belang zijn in dit opzigt de verschillende vormen (18) aan een bepaald onderzoek te onderwerpen.

2e *Formule van* WEBER.

De potentiaal van WEBER voor de electrodynamische werking tusschen twee electrische massa's e en e', wier afstand r is, wordt dus voorgesteld:

$$W' = \Sigma \frac{e\,e'}{r^2}\left\{1 - a^2\left(\frac{dr}{dt}\right)^2\right\} \quad \ldots\ldots \quad (19a)$$

waarin Σ de som der vier bekende werkingen aanduidt. Dan volgt toch voor de genoemde werking

$$R = -\frac{dW'}{dr} = \Sigma\,ee'\left\{\frac{1}{r^2} - \frac{a^2}{r^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + \frac{2\,a^2}{r}\frac{d^2 r}{dt^2}\right\}$$

$$= \Sigma\frac{ee'}{r^2}\left\{1 - a^2\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + 2a^2\,r\,\frac{d^2 r}{dt^2}\right\} \quad . \ (19b)$$

zijnde de bekende formule van WEBER.

De potentiaal (19a) stemt nu volmaakt met de vroeger gevondene waarde (12a) overeen; wij hebben toch

$$\Sigma \frac{ee'}{r} = 0,\ \Sigma \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 = 8\, uu' \frac{dr}{ds} \frac{dr}{ds'},$$

waarin u en u' de snelheden der electriciteit in de elementen ds en ds' voorstellen, zoodat daar u en $u' = i\, ds$ en $i'\, ds'$,

$$W' = -\frac{8a^2\, i i'\, ds\, ds'}{r} \frac{dr}{ds} \frac{dr}{ds'}.$$

Voor a^2 de waarde $\frac{1}{16}$ schrijvende, komt dan

$$W' = -\frac{i i'}{2\, r} \frac{dr}{ds} \frac{dr}{ds'}\, ds\, ds'$$

$$= \frac{i i'}{2\, r} Cos\theta\, Cos\theta'\, ds\, ds',$$

welke formulen, behoudens het teeken, volmaakt met de waarden (12a) overeenstemmen. Dit teekenverschil kan met het oog op de vrijheid die men heeft de rigting van ds en ds' naar willekeur te kiezen geen bezwaar opleveren; de mogelijke dubbelzinnigheid die hieruit voor het geval van twee stroomelementen ontstaat, verdwijnt wanneer de stroomen gesloten zijn

Terwijl nu bij deze potentiaal, zooals HELMHOLTZ aantoonde, *labiel* evenwigt der vrije electriciteit plaats vindt, is het wenschelijk de potentiaal van NEUMANN of de algemeene potentiaal, van HELMHOLTZ met positieve waarden van k ook hier in te voeren, zoodat voor de nieuwe potentiaal $A^2 = \frac{1}{2}$ genomen, ingevolge (10a), als wij ook hier het teeken negatief nemen,

$$W_1 = -\frac{i i'}{2} \left(\frac{d^2 r}{ds\, ds'} + \frac{1}{r} \frac{dr}{ds} \frac{dr}{ds'}\right) ds\, ds'$$

$$= W' - \tfrac{1}{2}\, i i' \frac{d^2 r}{ds\, ds'}\, ds\, ds';$$

daar nu volgens de theorie van WEBER:

$$\tfrac{1}{2} i i' \frac{d^2 r}{ds\, ds'} ds\, ds' = 8\, u\, u' a^2 \frac{d^2 r}{ds\, ds'} = \Sigma\, a^2 \left(\frac{d^2 r}{dt^2}\right),$$

wordt de gewijzigde potentiaal van WEBER,

$$(W') = \frac{e\, e'}{r} \left\{ 1 - a^2 \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 - a^2\, r \left(\frac{d^2 r}{dt^2}\right) \right\} \quad . \; . \; (20a)$$

en dus volgt voor de kracht tusschen twee elementen:

$$(R) = \frac{e\, e'}{r^2} \left\{ 1 - a^2 \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + 2 a^2\, r \frac{d^2 r}{dt^2} + a^2\, r^2 \frac{d\left(\frac{d^2 r}{dt^2}\right)}{dr} \right\} . \; (20b)$$

Het is verder duidelijk dat zoo men van de meest algemeene formule (7) voor W gebruik maakt, de laatste term in de formulen (20a) en (20b) nog met $\dfrac{1+k}{2}$ moet worden vermenigvuldigd.

Het antwoord op de vraag, door welke physische verschijnselen de invoering van den term

$$\frac{d\left(\frac{d^2 r}{dt^2}\right)}{dr}$$

verklaarbaar wordt, kan nog niet worden gegeven. Daardoor vervalt ook de mogelijkheid de grootte der werking alsdan uit de formule af te leiden.

3e. *De theorie van* C. NEUMANN.

Het is niet onbelangrijk met deze gewijzigde formule van WEBER den nieuweren arbeid over electrodynamica van C. NEUMANN te verbinden, waarin de gewone formule van WEBER langs geheel oorspronkelijken weg verkregen wordt *).

---

*) C. NEUMANN, *Die Principien der Elektrodynamik.* Tübingen 1868.

De bekende wiskundige RIEMANN ging bij zijne electrodynamische onderzoekingen van de onderstelling uit dat de werking tusschen twee stroomelementen uit krachten verklaard moet worden, wier potentiaal zich op analoge wijze als het licht met constante snelheid in de ruimte voorplant. CARL NEUMANN heeft in 1868 dit denkbeeld verder uitgewerkt.

Tusschen twee electrische massa's m en m' worden potentialen voortgeplant; door beide massa's wordt eene potentiaal uitgezonden en ontvangen; de uitgezonden potentiaal plant zich zonder wijziging in grootte van de eene massa met groote snelheid naar de andere voort, en wel volgens den veranderlijken voerstraal, die de plaats der massa's elk oogenblik verbindt. — Wij hebben dan hier een hooger begrip dan dat van kracht en waarschijnlijk aan een zich voortplantenden spanningstoestand te denken, die eene verandering in de beweging der electrische massa's, zoowel wat grootte als rigting betreft, ten gevolge heeft.

De door m' aan m gezonden potentiaal wordt door den afstand r der beide massa's op den tijd t, het oogenblik van uitzending bepaald, door $mm_1 \varphi(r)$ voorgesteld en de *emissie-potentiaal* genoemd. — Op een later tijdstip $t + \triangle t$ komt die potentiaal onveranderd in m; deze laatste massa ontvangt dus op den tijd t eene door m' vroeger uitgezondene potentiaal, die door den afstand $r - \triangle r$ op het tijdstip van uitzending $t - \triangle t$ bepaald wordt en evenzoo door $mm_1 \varphi(r - \triangle r)$ wordt voorgesteld; zij is de *receptie-potentiaal* voor het tijdstip t.

Deze laatste nu kan worden voorgesteld onder den vorm

$$\omega = W + \frac{dW'}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21a)$$

waarin

$$W = mm' \left(\varphi + \left(\frac{d\psi}{dt}\right)^2\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21b)$$

$$W' = mm' \left(\chi + \frac{d\Phi}{dt}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21c)$$

ψ, χ, Φ functiën zijnde, die slechts van r afhangen en uit φ zijn afgeleid.

Hiervan is

$$\psi = \frac{1}{c} \int \sqrt{-r \frac{d\varphi}{dr}}\, dr$$

waarin c de snelheid voorstelt, waarmede zich de potentiaal beweegt.

W wordt door NEUMANN de *effectieve*, W' de *ineffectieve* potentiaal genoemd.

Voor $\varphi = \frac{1}{r}$, de potentiaal volgens de wet van NEWTON, wordt

$$\psi = \frac{2\sqrt{r}}{c} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (22a)$$

en

$$W = \frac{mm'}{r}\left(1 + \frac{1}{c^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2\right) \quad \ldots \ldots \quad (22b)$$

$$W' = mm'\left(\frac{\log r}{c} - \frac{1}{2c^2}\frac{dr}{dt}\right) \quad \ldots \ldots \quad (22c)$$

Door NEUMANN wordt nu volgens door hem aangegeven regels van variatie-rekening uit (21b) eene algemeene formule voor de werking tusschen de twee electrische massa's m en m' gezocht en daarvoor gevonden

$$R = mm'\left(-\frac{d\varphi}{dr} + \frac{2\,d\psi}{dr}\frac{d^2\psi}{dt^2}\right) \quad \ldots \ldots \quad (23)$$

welke algemeene uitdrukking voor het geval $\varphi = \frac{1}{r}$ overgaat in

$$R = \frac{mm'}{r^2}\left\{1 - \frac{1}{c^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + \frac{2r}{c^2}\frac{d^2 r}{dt^2}\right\} \quad \ldots \ldots \quad (24)$$

zijnde volmaakt de formule van WEBER, als $c = \frac{1}{a}$ wordt gesteld.

Zooals nu boven is aangegeven, moet die formule, zal zij met stabiel evenwigt der vrije electriciteit corresponderen, gewijzigd

worden en tot den meer algemeenen vorm (vergelijk de opmerking omtrent (20b)):

$$R = \frac{mm'}{r^2}\left(1 - \frac{1}{c^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + \frac{2r}{c^2}\frac{d^2 r}{dt^2} + \frac{1+k}{2}\frac{r^2}{c^2}\frac{d\left(\frac{d^2 r}{dt^2}\right)}{dr}\right) \quad . . (25)$$

gebragt worden.

Wij moeten dus onderzoeken, of de theorie van C. NEUMANN bij eenige hypothese omtrent de emissie-potentiaal tot den vorm (25) leidt; het is van belang op die vraag eenig antwoord te bekomen, omdat daarmede de waarschijnlijke juistheid der theorie van NEUMANN eenigermate beslist wordt.

De receptie-potentiaal nu, die tot de krachtuitdrukking leiden moet, was volgens (21b):

$$W = mm'\left(\varphi + \left(\frac{d\psi}{dt}\right)^2\right)$$

zij wordt, daar

$$\psi = \frac{1}{c}\int\sqrt{-r\frac{d\varphi}{dr}}\,dr$$

en dus

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{d\psi}{dr}\frac{dr}{dt} = \frac{1}{c}\sqrt{-r\frac{d\varphi}{ds}}\cdot\frac{dr}{dt},$$

$$W = mm'\left(\varphi - \frac{r}{c^2}\left(\frac{d\varphi}{dr}\right)\left(\frac{dr}{dt}\right)^2\right) \quad . . . . . (26)$$

De krachtuitdrukking wordt dan bepaald door

$$R = -\frac{\delta W}{\delta r},$$

terwijl, blijkens de rekeningen van NEUMANN,

$$-\frac{\delta W}{\delta r} = -\frac{dW}{dr} + \frac{d\left(\frac{dW}{dr'}\right)}{dt} - \frac{d^2\left(\frac{dW}{dr''}\right)}{dt^2} + \text{enz.} \quad . . . (27)$$

waarin

$$r' = \frac{dr}{dt}, \quad r'' = \frac{d^2 r}{dt^2}, \text{ enz.}$$

als van elkander onafhankelijk beschouwd moeten worden.

Volgens dien regel leidt dan ook (22*b*) tot (24), zooals terstond blijkt.

Stellen wij nu $\frac{1}{c} = a$, zoo moet, wanneer wij $\frac{d\varphi}{dr} = \varphi$ nemen, φ zoodanig bepaald worden, dat

$$mm' (\varphi - a^2 r r'^2 \varphi')$$

door den regel (27) tot de gewijzigde formule van WEBER

$$mm' \left(\frac{1}{r^2} - a^2 \frac{r'^2}{r^2} + 2a \frac{r''}{r} + \frac{1+k}{2} a^2 \frac{r'''}{r'} \right)$$

leidt.

Bij het opmaken der waarde (21*b*) voor W is ondersteld, dat φ en dus ook φ', alleen functie van r is, derhalve r', r'', enz niet bevat; dan wordt eenvoudig

$$R = -\frac{dW}{dr} + \frac{d\left(\frac{dW}{dr'}\right)}{dt}$$

en terwijl dan, ingevolge (26)

$$\frac{dW}{dr'} = -2mm' a^2 r r' \varphi',$$

is het duidelijk, dat $\frac{d\left(\frac{dW}{dr'}\right)}{dt}$ nooit den term $\frac{r'''}{r'}$ kan leveren, wat ook φ zij.

Gaan wij verder van de meer zamengestelde hypothese uit, dat φ, de emissie-potentiaal, eene functie van r en r' is, zoo wordt de *totale* receptie-potentiaal op den tijd t bepaald door de uitdrukking:

$$\omega = \varphi (r - \Delta r, \; r' - \Delta r').$$

De ontwikkeling dezer uitdrukking volgens TAYLOR geeft, in het oog gehouden dat

$$\Delta t = \frac{r}{c}, \quad \Delta r = \frac{r}{c} r' - \frac{r^2}{2c^2} r'' + \text{enz.}$$

$$\Delta r' = \frac{r}{c} r'' - \frac{r^2}{2c^2} r''' + \text{enz.}$$

wanneer wij termen met $\frac{1}{c^3}$, $\frac{1}{c^4}$ enz. buiten rekening laten,

$$\omega = mm' \left(\varphi - \frac{r}{c} \frac{dr}{dt} \varphi' + \frac{r^2}{2c^2} \frac{d^2 r}{dt^2} \varphi' + \frac{r^2}{2c^2} \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 \varphi'' \right.$$
$$- \frac{r}{c} \frac{d^2 r}{dt^2} \varphi_{,} + \frac{r^2}{2c^2} \frac{d^3 r}{dt^3} \varphi_{,} + \frac{r^2}{c^2} \left(\frac{dr}{dt} \right) \left(\frac{d^2 r}{dt^2} \right) \ddot{\varphi}$$
$$\left. + \frac{r^2}{2c^2} \left(\frac{d^2 r}{dt^2} \right)^2 \varphi_{,,} \right) \ldots (28)$$

waarin

$$\frac{d\varphi}{dr} = \varphi', \quad \frac{d\varphi}{dr'} = \varphi_{,}, \quad \frac{d^2 \varphi}{dr^2} = \varphi'', \quad \frac{d^2 \varphi}{dr\, dr'} = \ddot{\varphi}, \quad \frac{d^2 \varphi}{dr'^2} = \varphi_{,,}$$

alle functiën van $(r - \Delta r, \; r' - \Delta r')$.

Nu gelden, als Φ_0, Ψ_0, Φ, Ψ, willekeurige functiën van r en r' voorstellen, geheel algemeen de formulen:

$$\Phi_0 \frac{d^2 r}{dt^2} + \Psi_0 \frac{d^3 r}{dt^3} = \frac{d}{dt} \left(\Phi_0 \frac{dr}{dt} + \Psi_0 \frac{dr'}{dt} \right) - \left\{ \frac{d\Phi_0}{dt} \frac{dr}{dt} + \frac{d\Psi_0}{dt} \frac{dr'}{dt} \right\}.$$

$$\Phi \frac{dr}{dt} + \Psi \frac{dr'}{dt} = \frac{d}{dt} \int (\Phi dr + \Psi dr').$$

Nemen wij nu:

$$\Phi_0 = \frac{r^2}{2c^2} \varphi' \qquad \Psi_0 = \frac{r^2}{2c^2} \varphi_{,}$$

$$\Phi = \frac{r}{c} \varphi' \qquad \Psi = \frac{r}{c} \varphi_{,}$$

zoo komt er

$$\frac{d\Phi_0}{dt}\frac{dr}{dt}+\frac{d\Psi_0}{dt}\frac{dr'}{dt}=\frac{d\Phi_0}{dr}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2+\frac{d\Phi_0}{dr'}\left(\frac{dr}{dt}\right)\frac{d^2r}{dt^2}+$$

$$+\frac{d\Psi_0}{dr}\left(\frac{dr}{dt}\right)\cdot\frac{d^2r}{dt^2}+\frac{d\Psi_0}{dr'}\left(\frac{d^2r}{dt^2}\right)^2=$$

$$=\frac{r^2}{2c^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2\varphi''+\frac{r}{c^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2\varphi'+\frac{r^2}{c^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)\frac{d^2r}{dt^2}\ddot{\varphi}$$

$$+\frac{r}{c^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)\frac{d^2r}{dt^2}\varphi_{,}+\frac{r}{2c^2}\left(\frac{d^2r}{dt^2}\right)^2\varphi_{,,};$$

terwijl verder

$$\frac{d}{dt}\left(\Phi_0\frac{dr}{dt}+\Psi_0\frac{dr'}{dt}\right)=\frac{d}{dt}\left(\frac{r^2}{2c^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)\varphi'+\frac{r^2}{2c^2}\left(\frac{d^2r}{dt^2}\right)\varphi_{,}\right),$$

en

$$\frac{d}{dt}\int(\Phi dr+\Psi dr')=\frac{d}{dt}\int\frac{(r\varphi' dr+r\varphi_{,}dr')}{c}=$$

$$=\frac{d}{dt}\left(\frac{2r\varphi-\int(\varphi\, dr+\varphi\, dr')}{c}\right).$$

(28) gaat dan over in:

$$\omega=mm'\left\{\varphi-\frac{r}{c^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2\varphi'+\frac{r}{c^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)\frac{d^2r}{dt^2}\varphi_{,}\right\}$$

$$+mm'\frac{d}{dt}\left\{\frac{r^2}{2c^2}\frac{dr}{dt}\varphi'+\frac{r^2}{2c^2}\frac{d^2r}{dt^2}\varphi_{,}+\frac{\int(\varphi dr+\varphi dr')-2r\varphi}{c}\right\}.\quad(29)$$

Deze potentiaal den vorm $(21a)$:

$$\omega=W+\frac{dW'}{dt}$$

hebbende, geeft voor de *effectieve* potentiaal:

$$W = mm'\left(\varphi - \frac{r}{c^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 \varphi' + \frac{r}{c^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)\frac{d^2 r}{dt^2}\varphi_{,}\right),$$

welke zich dus onder den vorm

$$W = mm'(F_0 + r'' F_{,})$$

laat brengen, waarin F_0 en $F_{,}$ functien van r en r' zijn.

Het is nu duidelijk dat de voor ons noodige term met $\frac{r'''}{r'}$ niet door F_0 kon geleverd worden, daar dit lid alleen de termen:

$$-\frac{dF_0}{dr} \text{ en } -\frac{d\left(\frac{dF_0}{dr'}\right)}{dt}$$

geeft, welke nimmer r''' kunnen bevatten.

Evenmin kan $r'' F_{,}$ hieraan voldoen; immers deze geeft:

$$\frac{d(r'' F_{,})}{dr''} = F_{,}$$

$$\frac{d\left(\frac{d(r'' F_{,})}{dr''}\right)}{dt} = \frac{dF_{,}}{dr} r' + \frac{dF_{,}}{dr'} r''$$

$$\frac{d^2\left(\frac{d(r'' F_{,})}{dr''}\right)}{dt^2} = \frac{d^2 F_{,}}{dr^2} r'^2 + 2\frac{d^2 F_{,}}{dr\, dr'} r' r'' + \frac{d^2 F_{,}}{dr'^2} r''^2$$

$$+ \frac{dF_{,}}{dr} r'' + \frac{dF_{,}}{dr'} r''' \quad \ldots\ldots \quad (30a)$$

terwijl

$$\frac{d(r'' F_{,})}{dr'} = r'' \frac{dF_{,}}{dr'}$$

$$\frac{d\left(\frac{d(r'' F_{,})}{dr'}\right)}{dt} = r''' \frac{dF_{,}}{dr'} + \text{enz.} \quad \ldots\ldots \quad (30b)$$

daar nu R volgens (27) bepaald wordt, vallen de termen met r''' van (30a) en (30b) in die ontwikkeling weg.

Wij zien dus dat zal de gevraagde uitdrukking voor R verkregen worden, de emissie potentiaal q zamengestelder en minstens functie van r'' moet zijn.

Het bij de theorie van NEUMANN ontwikkelde begrip eener voortplanting der potentiaal wordt door dit resultaat ingewikkeld genoeg, om de juistheid zijner hypothese in twijfel te trekken.

Utrecht, October 1870.

ENUMERATIO PIPERACEARUM

IN BRASILIA A DOCT. **REGNELL** DETECTARUM, QUAE NUNC IN MUSEO BOTANICO HOLMIENSI ASSERVANTUR,

AUCTORE

F. A. GUIL. MIQUEL.

PEPEROMIA R. P.

1. *Peperomia arifolia* MIQ. *Syst. Pip. p.* 72. *Illustr. tab.* IV.

Ad Caldas prov. Minarum: *Regnell* III. *n.* 1101. Folia 6 cent. longa et lata; amenta 10 centim. Caulis brevis alternifolius.

Adnot. Huic affinis est species in hortis botanicis culta, foliis longius petiolatis peltatis et non peltatis, nervorum numero majore, diversa: *P. argyreia* ED. MORR. *Belg. Hortic.* 1867. *p.* 2 *cum icone*, 1869. *p.* 68 *cum icone varietatis variegatae* (*P. arifolia var. argyreia* HOOK. *Bot. Magaz. tab.* 5634; *P. Sandersii* DECAND. *jun.* in *Prodr.* XVI. 1. *p.* 400). — Haec non confundenda cum *P. marmorata* HOOK. *Bot. Magaz. tab.* 5568, quae subacaulis, foliis brevi-petiolatis rosulatis e basi cordato lanceolato-ovatis 5-nerviis distincta; pedunculi simplices vel interdum bifidi et distachyi; flores distantes; stigma terminale penicillatum. — Exemplaria culta valde ludunt magnitudine foliorumque coloribus variegatis.

2. *Peperomia hispidula* SWEET. *Piper.* SWARTZ *Prodr. tab.* IV. *P. tenera* MIQ. in MART. *Fl. brasil. p.* 19, *tab.* I, *fig.* 1. *Acrocarpidium hispidulum* et *A. Sellovianum* MIQ. *Syst. p.* 54, 55.

In prov. Minarum ad Caldas: *Regnell* III. *n.* 1106, exem-

plaria normalia aliaque foliis duplo majoribus. Stigma convexum, pilos teneros cito dejiciens. — In exemplaribus in sp. vini servatis folia trinervia et e nervo medio paucivenosa; pili patentes pluriarticulati; bracteae pedicellatae; ovaria oblonga apice styli specie contracta, stigmate terminali convexo fusco; baccae brevistipitatae rostellatae.

3. *Peperomia rotundifolia* H. B. K. *Piper rotundifolium* LINN. *Peperomia nummularifolia* H. B. K., MIQ. in MART. *Fl. brasil. p.* 18. *Acrocarpidium Syst. p.* 52 (quae praesertim formam pubescentem spectat). Amenta in vivo 1½ millim. crassa hyalina; antherae loculi angusti appositi.

In prov. Minarum ad Caldas: *Regnell* III. *n.* 1108.

4. *Peperomia exilis* MIQ. sub Acrocarpidio olim (cujus sp. omnes ad Peperomiam diu reduxi in MART. *Fl. brasil. p.* 18 et in *Versl. en Med. K. Academie van Wet.*). — Baccae ellipsoideae brevi-stipitatae, apice mucronato-apiculatae, glabrae laeves fuscae; antherae pallidae majusculae. Folia in vivo carnosa.

Eodem loco ac praecedens: *idem* III. *n.* 1107 ad arbores.

5. *Peperomia circinata* LINK., MIQ. in MART. *Fl. brasil. p.* 21. *Acrocarpidium rotundifolium* MIQ. *Syst. p.* 62.

Folia in vivo supra concava, subtus convexa; ramuli pedunculique brevissime patule puberi; flores spiraliter dispositi; bracteae orbiculares centrifixae subsessiles carnosae ovarium conicum fere obtegentes; stigma terminale fuscum. — Prostat glabrior et pilosior.

In prov. Minarum ad Janutiga prope Caldas m. Oct. 1869: Henschen in herb. *Regnell* III. 1656.

6. *Peperomia hederacea* MIQ. in MART. *Fl. brasil. p.* 20. *Acrocarpidium majus* MIQ. *Syst. p.* 60.

Baccae immaturae in vivo patentissimae ellipsoideo-cylindricae fuscae in rostrum longum pallidum basi stigma punctiforme gerens terminatae.

Brasilia prope Rio Janeiro: Widgren; in prov. Minarum ad Caldas: *Regnell* III. *n.* 1102.

7. *Peperomia diaphana* MIQ. *n. sp.* Succulenta humilis decumbens parce ramosa, radicans, ramulis novellis patenti-puberis; folia alterna petiolata ovata vel elliptico-ovata acuta vel acutiuscula, basi rotundata vel lato-subcuneata, supra sparse decidueque in margine praesertim versus apicem ciliatim pubescentia, subtus pallida laevigata trinervia, epunctata; amenta superne axillaria cum terminali pedunculis glabris, distantiflora folia superantia; bracteae brevi-pedicellatae suborbiculares; ovarium ovoideum patens, stigmate terminali brevissime pubero.

Planta siccata tenera valde membranacea, in spiritu vini servata valde tenera; tota spithamea, in terra decumbens, radicans, inferne aphylla, sursum foliosa; petioli antice profunde canaliculati parce piliferi vel prorsus glabri 5—7 millim. longi; folia majora basi rotundata, minora obtuso-subcuneata, in sicco transparenti-membranacea, supra saturate viridia subtus valde pallida et laevigata quasi polita nervis colore distinctis, medio ad apicem ducto, lateralibus ad $\frac{3}{4}$ alt., immerse reticulatis, majora folia nervulo imo exili basali accedente sub- 5-nervia nervuloque marginem sequenti passim munito, magnitudine valde disparia, v. c. 6 cent. longa, 3 lata, minora 4—$2\frac{3}{4}$ cent. longa, $2\frac{1}{3}$—2—$1\frac{1}{2}$ lata. Pedunculi 2 cent. circiter longi; amenta in vivo 2 millim. circiter crassa, gracilia 5—6 cent. longa; bracteae brevi-pedicellatae orbiculares ovarium et stamina partim obtegentes; ovarium patens ovoideum apice contracto stigmatiferum. Stamina parva.

In prov. Minarum ad Caldas ad terram 16 Maji 1868 Henschen in herb. *Regnell* III. *n.* 1109.

8. *Peperomia pterocaulis* MIQ. *Syst. p.* 86. MART. *Fl. brasil. p.* 11.

Baccae in amentis in spiritu vini servatis non immersae globoso-ovoideae fuscae apice contracto stigmatiferae, bractea brevissime pedicellata suffultae.

In prov. Minarum ad Caldas, ad terram et in ligno putrido 18 Jun. 1868: Henschen in herb. *Regnell* III. *n.* 1553.

9. *Peperomia Velloziana* MIQ. *Syst. p.* 88. MART. *Fl. brasil. p.* 11.

In prov. Minarum formam normalem legit Widgren. — *Var subnovemplinervia,* foliis elliptico-lanceolatis subacuminatis, nervis lateralibus utrinque 3—4, infra vel usque ad ½ alt. exortis; amentis paniculatis, 7—12 cent. longis: ad Caldas: *Regnell* III. *n.* 1431. — Flores in hac specie per spiras subannuliformes dispositi; ovaria ovoidea apice stigmatifera.

10. *Peperomia estrellensis* DECAND. *jun.* in *Prodr.* XVI. *p.* 421. *P. myrtifolia m. Syst. p.* 93 (an excl. syn.?); *var. distans m.,* foliis dissitis ellipticis vel ovatis brevi-petiolatis (2—3 mill.), cum caulibus et pedunculis glabris, 1½—½ cent. longis 3-nervulis subaveniis; pedunculis longis amenta fere aequantibus; baccis semiimmersis. — Folia 2 suprema in hac specie opposita. — Varietates meae in *Fl. brasil.* et in *Linnaea* XX. *p.* 122 enumeratae forsan excludendae.

Prope Rio Janeiro leg. Widgren.

11. *Peperomia augescens* MIQ. *n. sp.* Caules radicantes, ramis erectis foliosis monostachyis; folia alterna, infima multo minora e basi acuta obovato-elliptica, reliqua lanceolato-ovatove-oblonga attenuato- vel subacuminato-acuta, basi acuta vel obtusa, subcoriacea, supra (cicatriculis pilorum?) puncticulata, apice ciliolata, subtus valde pallida, tenerrime nigro-puncticulata, trinervia, nervis lateralibus obtectis; amenta filiformia recta elongata breviter pedunculata subspiraliter distantiflora; ovarium ovoideum, stigmate subterminali parvo convexo.

Prope P. trinervem locum habet. Ramorum 8—12 cent. longorum intermedia subbrevia subaequilonga; petioli antice canaliculati epunctati glabri vel uno alterove pilo muniti 2—5 mm. longi; folia patula vel recurvata, 2½—3½ cent. longa, 1—1⅓ lata; pedunculi glabri ½—3 cent., amenta 9—13 cent. longa; bracteae centrifixae suborbiculares; antherarum loculi subsemicirculares. — Nodi subcontinui; folia siccata supra sordide viridula.

Prope Caldas in prov. Minarum 16 Maji 1862. *Regnell* III. *n.* 1432.

12. *Peperomia atropunctata* MIQ, *n. sp.* Stricta, parce ramosa, radicans glabra ubicunque dense atropunctata, internodiis bre-

vibus obtuso-tetragonis; folia alterna longiuscule petiolata, e basi lato-acuta lato- vel ovali-elliptica, inaequimagna, acuta vel obtusa, carnosa, trinervia avenia; amenta superne axillaria, solitaria, saepe in pedunculo communi gemina, singula pedicellata, subdissitiflora, floribus subannulatim dispositis; bracteae oblongo-rotundatae, centrifixae; ovarium exile subimmersum ellipsoideum acuto apice discolor leviterque compresso antice foveola exili (stigmate?) instructo.

Herba scandens, radicans e nodis foliosis; petioli antice canaliculati ½—1½ cent. longi. Folia mox inferiora mox superiora majora, haec 3 cent. longa, 2 lata, illa 1 cent. longa, nervis lateralibus satis alte productis subimmersis, medio subtus prominente, supra nigrescentia, subtus pallida. Pedunculus communis 1—¾ cent. longus, apice ubi partiales ½—1 cent. longi exeunt phyllo exili deciduo munitus. Amenta 3—6 cent. longa, atro-punctata; bracteae carnosae nigrescentes; filamenta brevissima; antherae peltiformi-planae; ovarium atro-punctatum.

Prope Rio Janeiro legit Widgren 1844.

13. *Peperomia Langsdorffii* MIQ. *Syst. p.* 116. *Linnaea* XX. *p.* 124. *Fl. brasil. p.* 13. Forma foliis superioribus ellipticis oppositis, inferioribus passim ternis minoribus obovato-oblongis. Caules usque pedales dense patenti-pilosi. — Baccae in sp. vini elliptico-ovoideae fuscae papillosae.

Ad Caldas prov. Minarum leg. Henschen, in herb. *Regnell* III. *n.* 1430.

Var. β increscens MIQ. in *Linnaea l. c. Fl. brasil. p.* 13. Amenta in spiritu vini 2—4 mm. crassa distantiflora; baccae extuberantiis rhacheos parvulis innixae, nunc non papillosae, sed in sp. sicco amenta 7—10 cent. longa, bracteis persistentibus, baccae ovoideo-globosae granulato-papillosae.

Ad Caldas leg. *Regnell* III. *n.* 1429.

14. *Peperomia galioides* H. B. K., MIQ. *Syst. p.* 156. *Fl. brasil. p.* 15, *tab.* II, *fig.* II. *Var. polymorpha* MIQ., foliis infimis minutissimis reflexis ellipticis, superioribus multoties longioribus elliptico-lanceolatis. — Folia in sp. vini carnosa; baccae basi immersae erecto-patulae ovoideae uno latere convexiores, ad rhachin planiusculae.

Ad Caldas m. Martii 1865: *Regnell* III. *n.* 1103.

15. *Peperomia Regnelliana* MIQ. *n. sp.* Radicans, ramis erectis tetragonis; foliis verticillatis 4^{nis}— 5^{nis} brevipetiolatis e basi subcuneata rhombeo-lanceolatis plerumque longe rostrato-acuminatis apice extremo obtusiusculo, vel minora quaedam subovata, crasso-succulenta, obscure trinervia, cum ramulis petiolisque glabra; pedunculi terminales solitarii vel gemini glabri, infra medium phyllis 2 deciduis muniti; amenta iis circiter duplo longiora stricta densiflora; ovaria vel baccae (immaturae) semiemersae ellipsoideae apice contracto minute stigmatosae.

Ex charactere scripto P. galioidi similior, quam ipsis exemplaribus comparata. Siccata nigrescit, rigescit, in vivo certe succulenta est. Rami simplices vel subsimplices 6—12 cent. longi, glabri, internodiis inferioribus elongatis; petioli glabri canaliculati 2—4 millim. longi; folia majora $2\frac{1}{3}$ cent. longa, 6—8 mill medio lata, minora $1—\frac{3}{4}$ cent. longa; obscure trinervia, nervis lateralibus alte perductis. Pedunculi si gemini quasi duo ramuli ex foliorum verticillo medio bifolialiolati, $2—1\frac{1}{2}$ cent. longi; amenta florentia $1\frac{1}{2}$—3 cent.; bracteae orbiculares peltatae; antherae ellipticae. — In exemplaribus in sp. vini servatis ovaria et baccae partim immersae.

Ad Caldas, m. Octobris 1868: *Regnell* III *n.* 1551.

16. *Peperomia loxensis* H. B. K., MIQ. *Syst. p.* 158. *Flor. brasil. p.* 16. Baccae abrupte rostellatae.

Prope Caldas: *Regnell* III. *n.* 1428.

17. *Peperomia Martiana* MIQ. *Syst. Piper. p.* 189. *Fl. brasil. p.* 23, *tab.* I, *fig.* III. Forma foliis magis obovatis subtus perquam pallidis.

Ibid. 16 Maji 1858. *Regnell* I. *n.* 413.

Ejusdem *forma* foliis magis ellipticis. Haec in sp. vini carnosa trinervula, immerse reticulata; ovaria patula subcylindrica, stigmate terminali; baccae ovoideae attenuatae, patule erectae.

Ad truncos arborum ibid. 29 Jul.: *Regnell* III. *n.* 1110.

18. *Peperomia Selloviana* MIQ. *l. c.* MART. *Fl. brasil. p.* 16, *tab.* II, *fig.* IV.

Ad truncos arborum ibid.: Henschen III. n. 1550.

19. *Peperomia quadrifolia* H. B. K., MIQ. *Syst. p.* 159.
Ad Caldas: *Regnell* III. *n.* 1105.

20. *Peperomia trineura* MIQ. *Syst. p.* 175. *Fl. brasil. p.* 18, *tab.* II, *fig.* VI. Amenta in sp. vini 2½ mill. crassa; baccae dissitae foveolis leviter innixae, patentes oblique ovoideae, stigmate terminali; ovarium magis appressum bractea tectum.
Ad arbores prope Caldas: *Regnell* III. *n.* 1104.

21. *Peperomia reflexa* DIETR., MIQ. *Syst. p.* 173. *Var. tenera*, caulibus petiolis pedunculis patule curvuleque puberulis, foliis 4nis 4—8 mm. longis subpuberis.

Prope Caldas vulgaris, sine numero. Ab hac vix differt III. n. 1631, prope Caldas ad truncos arborum lecta foliis latioribus magis obovato-ellipticis. In spiritu vini exstat herb. II. 259.

POTHOMORPHE MIQ.

1. *Pothomorphe umbellata* MIQ. *Comment. phyt. p.* 36. MART. *Fl. brasil. p.* 26.

Folia 33 cent. longa et lata, tenuia glabriuscula, in nervis puberula, nervo medio bis bifido. „Caulis 6—8 p."
In prov. Minarum prope Caldas: *Regnell* III. *n.* 1111.

2. *Pothomorphe sidaefolia* MIQ. *l. c. Fl. brasil. p.* 25.
Eodem loco: *Regnell* III. *n.* 1111.

ARTANTHE MIQ.

1. *Artanthe Regnellii* MIQ. in MART. *Flor. bras. p.* 34, *tab.* VI, *fig.* II.

Folia usque 13-plinervia. „Caulis simplex 4-pedalis."
Ad Caldas prov. Minarum: *Regnell* II. *n.* 256.

2. *Artanthe Mikaniana* MIQ. *Syst. p.* 383 *et l. c.*
Ibidem, „Capoeira" i. e. sylva nova dicta: II. 256*.

3. *Artanthe xylosteoides* MIQ. *Syst. p.* 422. *Fl. brasil. p.*

42, *tab.* XIII, *fig.* I. — *Var. angustata*, foliis angustioribus usque lanceolatis, nervis uti in specie; amentis longioribus usque 7 cent. longis.

Prope Caldas, 4—6-pedalis. II. n. 257.

4. *Artanthe mollicoma* MIQ. *Syst. p.* 438. *Fl. brasil. p.* 45.

Forma tomentosa MIQ. *l. c.* — Prope Caldas: III. *n.* 1112*.

Forma latifolia MIQ. *l. c.* — *Ibid* III. *n.* 1113*.

5. *Artanthe Caldasiana* MIQ. *n. sp.* Ramulis obtuso-subtetragonis valde nodosis adultis asperulis, junioribus scabriuscule pubescentibus; foliis brevissime petiolatis e basi inaequali, hinc rotundata, illinc resecta oblique elliptico-lanceolatis inaequilateris acuminatis chartaceo-membranaceis, supra pube caduca asperulis, subtus glanduloso-puncticulatis costulis hic 5 hic 4 (infima brevissima basali) usque ad ½ alt. circiter alt. exortis, suprema ad acumen continuata, transverseque reticulato-venosis, in nervis venisque scabriuscule puberis; paraphyllo caduco lanceolato convoluto brevi pubescente; pedunculo petiolum superante, pubescente; amentis juvenilibus curvatis, adultis rectis folio brevioribus; floribus subannulatim dispositis; bracteis vertice triangulari fimbriato-villosis.

A sp. praecedente inter alia differt foliis longioribus et angustioribus. Frutex. Rami ramosi nodosi pallidi. Petioli pubescentes antice canaliculati 3—4 millim. raro 1 cent. longi. Folia pleraque basi inaequalia, perraro infima ramuli basi aequali acuta donata, nervis subtus satis perspicuis donata, 11—17 cent. longa, 3¾—5¾ lata. Pedunculi 1½ cent. longi. Amenta florentia 6½ cent. longa; stamina bracteas paullo superantia; antheris sordide flavidis loculis discretis. — „Frutex ramosus orgyalis;" prope Caldas m. Maji 1865: *Regnell* III. *n.* 1112.

6. *Artanthe Kunthiana* MIQ. *Syst. p.* 453. *Fl. brasil. p.* 47.

Prope Caldas: III. *n.* 1113. Alterum ejusdem numeri specimen ad *A. Vellozianam* paullo accedit.

7. *Artanthe Cambessedei* MIQ. in MART. *Fl. brasil. p.* 51, *tab.* XVII.

Suppetentia specimina ab iis antea descriptis non nisi foliis paullo minoribus differunt. Differt ab *A. glabrata m. l. c.* costulis inferioribus haud adeo alte marginique parallelis adscendentibus.

In sylvis primaevis ad Caldas I. *n.* 412 (immixta *A. mollicoma*) m. April. 1846 et Julio 1861.

8. *Artanthe ampla* MIQ. *Syst. p.* 501. *Fl. brasil. p.* 55, *tab.* XX.

Prope Caldas: *Regnell* III. *n.* 1115.

9. *Artanthe colubrina* MIQ. *Syst. p.* 512. *Fl. brasil. p.* 56. *Var. diversifolia*, foliis aliis lato-oblongis aliis ellipticis, nunc basi acutis, nunc rotundatis; amentis breviusculis.

Prope Caldas 18 Jul. et 13 Sept. 1865: *Regnell* III. *n.* 1114. — „Frutex orgyalis ad medium simplex."

10. *Artanthe Guilleminiana* MIQ. *Syst. p.* 409. *Peltabryon* in MART. *Fl. brasil. p.* 30.

Folia majora quam quae olim descripsi; inferiora lato-ovata abrupte breviter acuminata usque 13-plinervia.

Prope Caldas: I. 412**.

11. *Artanthe exserens* MIQ. in *Linnaea* XX. *p.* 148. *Fl. brasil. p.* 31, *tab.* V, *fig.* II.

„Caulis ad medium simplex."

Prope Caldas I. *n.* 412. I. *n.* 412*. III. *n.* 1112.

ENCKEA KUNTH.

1. *Enckea ceanothifolia* KUNTH. in *Linnaea* XIII. *p.* 597. MIQ. in *Fl. brasil. p.* 29, *tab.* III. *fig.* II.

Differunt exemplaria foliis paullo angustioribus; baccae ovoideae non adeo acutae, 4—6-angulatae.

Frutex biorgyalis; ad Caldas: III 1115*.

OVER EEN MERKWAARDIGEN PUT BIJ DELFT.

DOOR

H. VOGELSANG.

Voorgedragen in de gewone Vergadering van 26 Nov. 1870.

In den loop der maanden Augustus en September heeft zich te Delft op het erf van den landbouwer VAN DER KOOIJ bij den aanleg eener Norton-pomp een verschijnsel voorgedaan, zoo zeldzaam en merkwaardig, dat eene vermelding van wat daarbij is waargenomen, en wat er de vermoedelijke oorzaken van zijn, niet onbelangrijk mag geheeten worden. Door de bereidwilligheid van den genoemden eigenaar om in het belang der wetenschap de verdere werkzaamheden ruim eene week te doen staken, en voorts door de welwillendheid onzer Regeering, die de noodige gelden heeft toegestaan, om den eigenaar schadeloos te stellen, is men in de mogelijkheid geweest, de natuur aan zich zelve overlatende, de verschijnselen gedurende ruim 7 weken in alle bijzonderheden te kunnen gadeslaan. De waarnemingen die ik hieronder mededeel, zijn voornamelijk gedaan door mijn collega prof. VAN DE SANDE-BAKHUIZEN te Delft Ik zelf ben pas in 't begin van September na de vacantie naar Delft teruggekeerd.

Bij het inheien der ijzeren buizen van de Norton-pomp vernam men op 3 Augustus, toen het ondereinde van de buis ongeveer 17,5 meter onder den grond was gedaald, een sterk geblaas van gas, dat uit de buis ontsnapte, en spoedig achtervolgd werd door eene groote watermassa, welke met zooveel kracht uit de buis opspoot tegen het heiblok, dat dit een weinig werd gelicht en, toen men het blok verwijderde, zich

als een schuimende straal 14 meter boven den grond verhief. De werking van deze colossale fontein duurde van Woensdag 3 Augustus des namiddags half vier tot den volgenden morgen half zes uur; van dit oogenblik hield de onafgebroken uitspuiting van gas en water op, en begon eene intermitterende uitstrooming met tusschenpoozen, die in 't begin van deze periode ongeveer 9 minuten bedroegen. Plotseling vermeerderde dan na zulk een tijd van rust de gasontwikkeling, en het water naar boven komende liep eerst rustig over den rand der buis, werd dan al krachtiger opgevoerd, tot dat het schuimende van gas opspoot tot ongeveer 8 meter. Spoedig verminderde echter die hoogte, ten slotte vloeide alleen eenig water of schuim over den rand en na ongeveer eene minuut hield alle wateruitstrooming op. Het uiteinde van de buis was op 1,80 m. hoogte boven den beganen grond gelegen. Het uitstroomende gas was gemakkelijk brandbaar, en brandde, als men het aanstak, met eene groote doch weinig lichtgevende vlam, wat voornamelijk tegen het einde eener uitspuiting, wanneer nog gelijktijdig water uitstroomde, een eigenaardig schouwspel opleverde. Gedurende de eigenlijke eruptie was de vlam natuurlijk wegens de hevige lucht- en waterbeweging niet aan te houden.

De periode van intermitterende uitstrooming duurde van 4 tot 21 Augustus. De perioden van rust namen van het begin af toe; eerst zeer langzaam en vrij regelmatig; sedert 14 Aug. echter, na eene kleine wijziging in het verschijnsel, werd die toeneming aanzienlijker. Op 17 Aug. duurden de tijden van rust ruim een uur, op 18 Aug. reeds ongeveer 4 uren, op 20 en 21 Aug. ruim 6 uren en op laatstgenoemden dag heeft de put voor de laatste maal uit eigen beweging het schouwspel eener uitspuiting opgeleverd. Na dien tijd had er alleen gasontwikkeling plaats, in dier voege, dat voortdurend kleine gasbelletjes en gemiddeld alle 10 secunden eene groote gasbel naar omhoog stegen. Door de buis echter ongeveer 10 minuten lang met de hand gasdicht af te sluiten, waarbij men de spanning aanhoudend voelde vermeerderen, kon men eene eruptie in het leven roepen, geheel van denzelfden aard als vroeger zich van zelf voordeden Na afloop eener eruptie was hoogstens een

half uur stilstand noodig, voordat men de proef op dezelfde wijze kon herhalen. Gedurende den tijd van rust kon men het uitstroomende gas aanhoudend laten branden; de vlam was gewoonlijk klein en lichtzwak, steeg echter telkens hooger op wanneer eene grootere gasbel naar omhoog kwam.

In dien toestand bleef de put in hoofdzaak onveranderd tot den 19den Sept., op welken dag door den eigenaar de werkzaamheden hervat werden, ten einde op grootere diepte drinkwater te verkrijgen. Op 25 meter diepte werd eene proefneming gedaan, veel zand en water uitgepompt, het water beviel echter nog niet; 's avonds, wanneer de werkzaamheden eenige uren lang gestaakt waren, had zich noch eene kleine hoeveelheid brandbaar gas in de buis verzameld. Op 30 meter had men (altijd in zand doorborende) water, dat voor de beoogde doeleinden als voldoende werd beschouwd, er werd veel zand uitgepompt, eindelijk eene gewone pomp-inrichting aan de buis verbonden, en tegenwoordig is van de intermitterende put niets meer te zien.

Ziedaar het algemeene verloop van het verschijnsel. Alvorens wij trachten eene verklaring er van te geven, zullen wij de gedane waarnemingen meer in 't bijzonder moeten nagaan.

Ten opzichte der eerste periode van aanhoudende uitspuiting berust het boven gezegde op de opgaven van den eigenaar, de werklieden en de buren; een wetenschappelijk persoon is niet tegenwoordig geweest. Aan het heitoestel en de naast liggende gebouwen zijn echter de sporen dier geweldige uitspuiting zichtbaar gebleven: uit de bruine roest-vlakken die men daar waarneemt, mag men tevens besluiten, dat dit eerst opspuitend water betrekkelijk veel ijzer, waarschijnlijk als koolzuur ijzeroxydul opgelost bevatte; en omdat het oplossend vermogen van gewoon water zeer gering is, maar door de aanwezigheid van vrij koolzuur, en waarschijnlijk door versterking van druk aanzienlijk toeneemt, mag men uit het groote ijzergehalte de gevolgtrekking afleiden, dat dit eerst opspuitend water betrekkelijk veel koolzuur, door sterken druk gebonden, bevatte. Wat betreft de tweede en derde periode, kan ik niet beter doen dan de volgende aanteekeningen mede te deelen, welke de heer VAN DE SANDE-BAKHUIZEN van zijne waarnemingen heeft

gehouden. De duur der rustperiode is daarin door de letter *r* en die der uitstroomingsperiode door *u* beteekend.

5 *Aug. 's morgens.*

r = 9 minuten ongeveer (geen nauwkeurige waarneming.)

6 *Aug.*

Het spec. gew. van het gas wordt bepaald = 0,716.

8 *Aug.* 1 *uur.*

r = 9^m25^s; 9^m27^s. Gemiddeld = 9^m26^s.
u = 50^s; 40^s; 43^s. 〃 = —43^s.

9 *Aug.* 6 *u.* 30^m *'s avonds.*

r = 11^m0^s; 10^m59^s. Gemiddeld = 11^m0^s.
u = 40^s; 40^s; 38^s. 〃 = —39^s.

9 *Aug.* 10 *uur 's avonds.*

Onzeker { *r* = 11^m30^s; 11^m23^s. Gemiddeld = 11^m27^s.
u = 30^s; 37^s. 〃 = —34^s.

10 *Aug.* 1 *uur.*

r = 12^m14^s; 12^m12^s; 12^m11^s; 12^m11^s. Gemiddeld 12^m12^s.
u = 35^s; 40^s: 41^s; 38^s; 39^s. 〃 39^s.

De waterstand in de buis was enkele minuten na de uitstrooming constant tot enkele secunden vóór de volgende uitstrooming; tusschen 5 uitstroomingen werd de waterstand benevens de rand van de buis waargenomen 3,70 meter 3,90; 3,70; 3,80; Gemiddeld = 3,78 meter.

De tijd tusschen het begin van de rijzing in de buis en het uitvloeien werd bepaald op 7^s: 7^s; 8^s; 8^s. Gem. $7,5^s$.

Spec. gew. van het uitstroomende gas = 0,754.

11 *Aug. 's morgens* 10 *uur.*

r = 13^m32^s; 13^m35^s; 13^m32^s Gem. = 13^m33^s.
u = 35^s; 38^s; 42^s; 40^s: 〃 — —39^s.

Waterstand gedurende de rustperiode = 3,70 m. beneden den bovenrand der buis.

11 *Aug.* 7 *uur 's avonds.*

r = 14^m^6^s^; 14^m^7^s^; 14^m^6^s^. Gem. 14^m^6^s^.

u = 41^s^; 44^s^; 42^s^; 39^s^. 〃 42^s^.

13 *Aug.* 10½ *uur 's morgens.*

r = 14^m^10^s^; 14^m^9^s^. Gem. 14^m^10^s^.

u = 60^s^; 60^s^; 58^s^. 〃 59^s^.

14 *Aug.* 7 *uur 's avonds.*

Wijziging van het verschijnsel; de uitstrooming van gas duurt vóór de wateruitstrooming een geruimen tijd voort, 10 minuten of langer; het borrelt dan door het water naar omhoog, hetgeen vroeger niet gebeurde. Het opspuiten is iets minder hoog.

r = 24^m^26^s^; 24^m^11^s^. Gem. 24^m^19^s^.

u = 50^s^; 48^s^. 〃 49^s^.

15 *Aug.* 3 *uur 's middags.*

De verschijnselen zijn dezelfden.

r = 30^m^45^s^.

u = 50^s^.

Waterstand in de buis onveranderd.

16 *Aug* Spec. Gew. bepaling 0,669.

17 *Aug.* r = 1 uur 10^m^; 1^u^25^m^; 1^u^. Gem. 1^u^18^m^. Door de buis gedurende eenigen tijd te sluiten, werd de water-uitstrooming bespoedigd.

18 *Aug.* r ongeveer 4 uur.

19 *Aug.* Evenzoo. Waterstand onveranderd.

20 *Aug.* r ruim 6 uur.

21 *Aug.* Onveranderd.

22 *Aug.* In den nacht van 21 op 22 Aug. geen waterontlasting meer. Op 22 Aug. 's middags half 2 uur werd door afsluiting van de buis eene uitspuiting te weeg gebracht.

23 *Aug.* Onveranderd. Geen waterontlasting zonder afsluiten der buis. Gedurende het opborrelen van het gas in de

buis is de waterstand daar binnen 1,75 meter beneden den bovenrand; na de wateruitstrooming daalt de watervlakte tot 3,70 m. Tot 10 Sept. onveranderd dezelfde verschijnselen.

10 *Sept.* De waterstand waargenomen gedurende het opborrelen van gas. Hij verschilde tusschen 3,08 en 2,85 meter beneden den rand. Na de uitspuiting was de wateroppervlakte rustig, 3,59 m. beneden den rand. Bij het opborrelen steeg gemiddeld elke 10 secunden eene groote gasbel naar omhoog.

12 *Sept.* Waterstand gedurende het opborrelen gem. 2,95 m. na de uitspuiting 3,60 m. beneden den rand.

Tot 19 Sept. geen wijziging in het verschijnsel.

Laatstvermelde waarnemingen zijn geschied door middel van een drijvertje (een hollen blikken cylinder) hangende aan een touw, dat aan den bovenrand over een katrolletje liep, en buiten door een gewichtje in evenwicht werd gehouden. Dit gewichtje toonde nauwkeurig den stand en de beweging aan van de wateroppervlakte binnen de buis.

De temperatuur van het water was gemiddeld altijd 13° C.

Het gas, zooals het gedurende de laatste periode omhoog steeg, is door prof. A. C. OUDEMANS JR. scheikundig onderzocht. Op 0° en 76 ctm. druk droog berekend werd gevonden:

Koolzuur, CO_2 8,2 vol.

Moerasgas, CH_4 91,8 vol.

met sporen van lucht. De niet-aanwezigheid is bepaald van CO, C_2H_4 of andere zware koolwaterstoffen.

Voor genoemd mengsel wordt als spec. gew. uit de sp. geww. der bestanddeelen afgeleid 0,63.

Berekent men omgekeerd de quantitative zamenstelling uit de boven vermelde spec. gew. bepalingen, daarbij alleen CO_2 en CH_4 als aanwezige gassen aannemende, dan heeft men:

	Spec. gew.	Zamenstelling.	
6 Augustus	0.716	CO_2 16,4 CH_4 83,6	vol.
10 〃	0,754	CO_2 20,3 CH_4 79,7	〃
16 〃	0,669	CO_2 11,6 CH_4 88,4	〃

Deze waarnemingen zijn alle drie uit de tweede periode, toen noch uit eigen beweging eene waterontlasting plaats had. Men zal dus hieruit kunnen besluiten, dat gedurende deze periode het gehalte aan koolzuur grooter was dan gedurende de derde periode, toen de scheikundige analyse uitgevoerd werd; men mag ook aannemen, dat gedurende de tweede periode het koolzuurgehalte aanhoudend of ten minste na het incident van 14 Aug. verminderde; het hooger spec. gew. op 10 Aug. is gemakkelijk te verklaren uit een verschillend tijdstip der waarneming ten opzichte der uitspuiting, mogelijk ook, dat het gas door bijgemengde lucht een weinig verontreinigd was.

De ijzeren buis, uit meerdere stukken bestaande, was van binnen 6 ctm. wijd, het ijzer was 5 mm. dik. Zij eindigde beneden in een gesloten spitsen kegel, maar tot op ongeveer 50 ctm. hoogte was de buis met vele gaten doorboord, die een ctm. wijd en ongeveer 4 tot 5 ctm. van elkander gelegen waren. Boven aan den beganen grond stond de buis, in eene kleine gemetselde kom van ongeveer één m. diepte en wijdte, waarin zich slib en water verzameld had; dit water stond in den regel op 2,40 m. onder den bovenrand van de buis, dus 0,60 m. onder den beganen grond, wat van den natuurlijken waterstand daar ter plaatse vermoedelijk niet veel verschillen zal.

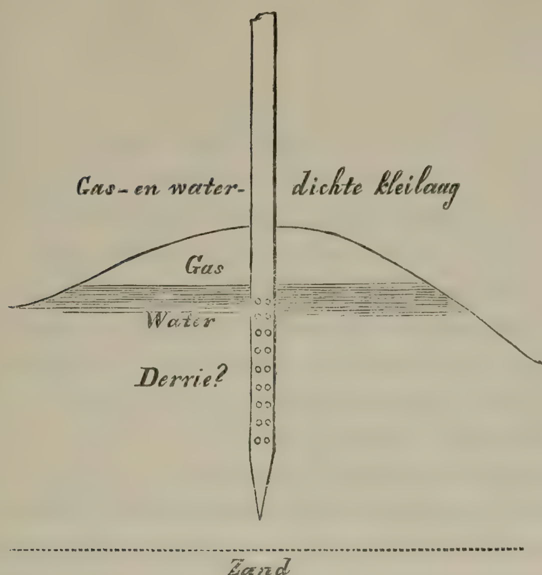
Over de gesteldheid van den grond levert de aanleg eener Norton-pomp uit den aard der zaak weinig gegevens op. Uit het min of meer gemakkelijk indringen van de buis en uit den klank van den slag van het heiblok weten de arbeiders op te maken of het ondereinde van de buis in zand of wel in veen of klei staat; de twee laatste grondsoorten kunnen zij op die wijze echter niet van elkander onderscheiden. Zeker is het, dat op ongeveer 3 m. onder den beganen grond, onder puinaanhooping en veengrond zich eene tamelijk dikke en uitgestrekte kleilaag bevindt. Door het uitspuiten is hoofdzakelijk slib (klei) en zand, maar zooverre men kan nagaan, geen veen naar boven gevoerd. Na het hervatten der werkzaamheden op 19 Sept., meenden de arbeiders op ongeveer 22 m. diepte eene verandering der grondsoort te bespeuren, van dien aard, dat het ondereinde der buis in zand was gekomen. Bij de proef-

neming op 25 m. werd alleen los zuiver zand uitgepompt, en tot 30 m. diepte is men in dat zand gebleven. Het mag niet onopgemerkt blijven, dat het water, uit die diepte verkregen, hoewel voor de beoogde doeleinden voldoende, toch geenszins als goed drinkwater kon beschouwd worden. Op andere plaatsen te Delft heeft men deze zandlaag tot op 40 m. diepte met eene putboring vervolgd.

Bij de verklaring van het verschijnsel moet men de drie perioden zoo als deze boven nader omschreven zijn, eenigszins uit elkander houden. In de eerste periode — daarover kan geen twijfel bestaan — werd aan eene groote hoeveelheid gas en water, die beneden onder eene groote spanning was opgesloten, door het inheien der buis een uitweg geopend. Het gas, dat op grootere diepte uit organische zelfstandigheden ontwikkeld werd, was van boven door de zware kleilaag opgesloten, en hoewel zijdelings op grooten afstand en door nauwe openingen een verband met het bovenwater zal hebben bestaan, kon langs dien weg het gas toch niet in gelijke hoeveelheid ontwijken als het plaatselijk ontwikkeld werd. Een verband met het bovenwater moet hebben bestaan en moet ook voor alle verdere verklaring worden aangenomen, omdat de waterstand in de buis na de uitspuiting spoedig op de normale hoogte terugkwam, dat is ten minste 13 à 14 m. hooger dan het ondervlak van de kleilaag, waaronder de gasverdichting plaats had. Het is namelijk niet wel mogelijk, dat het ondereinde van de buis reeds veel beneden dit ondervlak was doorgedrongen, anders zoude de uitspuiting al vroeger zijn tot stand gekomen.

Gedurende de tweede periode moet dus van tijd tot tijd eene gasmassa de buis zijn binnengetreden, van zoodanige spanning, dat zij naar omhoog stijgende en daarbij zich uitzettende, in staat was de daarop rustende waterkolom tot boven den rand der buis te verheffen. Het water vloeide hier eerst langzaam over, daardoor werd de zuil verkort, de weêrstand verminderd en het overige water werd met geweld naar buiten geworpen Aan het ondereinde traden afwisselend korte kolommen van water en gas de buis binnen en werden naar boven vervoerd, tot dat zoo veel gas ontsnapt en zoo veel water zijdelings toegetreden was, dat de waterspiegel boven de bovenste

gaten van de buis stond en geen vrij gas meer binnen kon treden. Fig. 1.



Indien de hoeveelheid gas, die voortdurend beneden ontwikkeld werd, groot genoeg ware geweest om op het onderliggende water den noodigen druk teweeg te brengen, dan zoude, evenals bij de Karlsbader en andere bronnen een voortdurend uitspuiten van gas en water moeten hebben plaats gehad. Zoo sterk was de gas-ontwikkeling evenwel niet.

Het dynamisch evenwicht, zooals het door de aanhoudende gas-ontwikkeling en de bestaande gelegenheden voor ontwijking van het gas ter eene, voor toevloeiing van water ter andere zijde verlangd werd, zien wij in de derde periode bij normalen toestand van den put hersteld. De waterspiegel werd nu wel tot aan de bovenste gaten verlaagd, maar het gas had toen geen genoegzame spanning, om de waterkolom naar boven op te brengen; eene gasbel trad binnen, steeg omhoog, daardoor werd beneden de spanning verminderd, de waterspiegel rees weder voor korten tijd enkele millimeters, en de bovenste gaatjes waren weder onder water, totdat na 10 secunden weder

voor het ontsnappen eener gasbel de weg geopend was. Door de aanhoudende doorstrooming van gas werd het water in de buis zoodanig daarmede bezwangerd, dat de waterspiegel in de buis van 3,70 of 3,60 m. tot op 1,75 later slechts tot 2,95 m. beneden den rand van de buis gebracht werd. (Vgl. boven 23 Aug. tot 12 Sept.)

Het is duidelijk, hoe door afsluiten van de buis de spanning van het gas beneden weder zoodanig kon versterkt worden, dat een oprijzen van de kolom, een overvloeien en uitspuiten moest worden teweeg gebracht. Zoodanige vermeerdering van spanning moet echter in de tweede periode zonder afsluiten van de buis zijn tot stand gekomen. De spanning van de gasmassa, die den waterspiegel naar beneden drukte, zal altijd afhangen van de hoeveelheid die in een zekeren tijd ontwikkeld wordt in verhouding tot de hoeveelheid, welke in denzelfden tijd door de gegeven openingen ontsnappen kan.

Vóór de eerste periode had eene groote hoeveelheid water onder sterken druk der aanhoudend ontwikkelde gassen gestaan, en was overeenkomstig dien druk met deze gassen verzadigd geworden.

De absorptie-coëfficiënt bij 13° C en 76 ctm. druk is volgens BUNSEN voor

$$CO_2 \,, = 1{,}065.$$
$$CH_4 \,, = 0{,}041.$$

Aannemende 10 pCt. CO_2 en 90 pCt. CH_4, is de totale absorptie-coëff. in maat bij 1 atm. druk, = 0,1435; op eene diepte van 17,5 meter onder den grond, onder eene waterzuil van 15,5 m. zoude dus onder gewone omstandigheden in 1 liter water 0,36 liter gas zijn opgelost. De geabsorbeerde hoeveelheid vermeerdert echter evenredig aan dien druk; vóór en tot de doorboring van de afsluitende kleilaag moet dus de geheele watermassa die daaronder stond, voor zoo verre zij met de gasontwikkelingsbron in gemeenschap was, betrekkelijk veel meer gas, en voornamelijk meer koolzuur bevat hebben. Bij de doorboring ontsnapte eerst al het gas, dat onder sterken druk boven het water verzameld was, en omdat telkens van onderen ook weder water de buis binnen trad, werd ook dit water voortdurend met geweld naar omhoog gevoerd. Dit is de eerste periode, waarin dus het water het meest koolzuur

moest bevatten, zoo als door de sterke oplossing van koolzuur ijzeroxydul reeds vroeger waarschijnlijk is gemaakt. Uit een geologisch oogpunt mag het niet onopgemerkt blijven, dat, wanneer het koolzuurhoudend water beneden onder sterken druk met koolzuur ijzeroxydul verzadigd is geweest, bij eene vermindering van dien druk door de uitspuitingen, beneden een neêrslag van genoemd zout moet hebben plaats gehad. Waarschijnlijk bestond het „slib" waardoor het water van de eerste uitspuitingen verontreinigd was, grootendeels uit koolzuur ijzeroxydul, dat aan de lucht dadelijk in ijzeroxydhydraat werd omgezet.

Onmiddellijk na de aanhoudende eerste uitspuiting zal dus de ruimte beneden geheel met water gevuld zijn geweest, maar met water, dat in verhouding tot den bestaanden druk met gas oververzadigd was, welk gas opstijgende, van lieverlede onder de kleilaag verzameld werd. Gelijktijdig had de normale gasontwikkeling voortgang, en op die wijze werd eene spanning bereikt, die, wanneer de waterspiegel genoegzaam was gedaald, en het gas tot de buis toegang verkreeg, in staat was, op nieuw eene uitspuiting teweeg te brengen.

Door het binnentreden eener gasbel werd de waterzuil, die eerst evenwicht maakte met de spanning van het gas, verkort, en kon dus door die spanning naar boven worden gedreven. Bij het uitvloeien werd de druk op de gasmassa geringer, het volumen daarvan grooter, hetgeen dus een sneller dalen van den binnensten waterspiegel ten gevolge had. Grootere quantiteiten van gas konden nu toetreden, gelijktijdig kwam het water door de onderste openingen en beiden werden dus met kracht naar omhoog gevoerd. De groote afvoer van het gas had weder eene vermindering van zijn volume en eene rijzing van den waterspiegel ten gevolge, tot boven de bovenste openingen, waardoor de eruptie ophield. Deze periodieke uitspuitingen moesten met toenemende tusschenpozen zich herhalen, zoo lang noch genoegzame overdruk onder de kleilaag tot stand kwam. Dit geschiedde in den eersten tijd voornamelijk door het vrij worden van het overmatig geabsorbeerd gas, en dus betrekkelijk spoedig; het laatste betrekkelijk groote overschot van gas werd op 14 Aug. vrij. Na dien tijd was het wel noch eenigszins

oververzadigd, en kon de spanning bij de bestaande uitwegen ook noch zoodanig versterkt worden, dat zij in staat was eene uitspuiting teweeg te brengen; maar het duurde nu veel langer alvorens de waterspiegel tot de bovenste opening gedaald was, omdat de ophooping van gas meer aan de oorspronkelijke ontwikkeling dan aan het vrij worden van geabsorbeerd gas viel toe te schrijven. Op die wijze verklaart zich de wijziging van het verschijnsel sedert 14 Aug. Eindelijk op 22 Aug. was het dynamisch evenwicht van gas-ontwikkeling en gelegenheid tot ontwijken in bovenvermelden zin tot stand gebracht. De nauwe uitwegen of omwegen, die vóór het doorboren der kleilaag reeds bestonden, en waardoor toen de spanning tot zekere hoogte beperkt en geregeld werd, zijn door de herhaalde gas- en waterbeweging later waarschijnlijk eenigszins vermeerderd of vergroot geworden, zoodat in 't algemeen de spanning boven de wateroppervlakte moest verminderen, en ook daardoor het verzwakken van het verschijnsel bespoedigd werd.

Nu blijft nog de vraag te beantwoorden, of ten minste te behandelen: Waar komt het gas vandaan? Dat het in hoofdzaak gevormd wordt door de langzame maar voortdurende ontbinding van organische en wel plantaardige zelfstandigheden zal niemand betwisten. Onzeker is het evenwel, op welke diepte wij die bron van gas-ontwikkeling te zoeken hebben. In dit opzicht is het volgende noch aan te voeren. Zoo als boven bewezen is, kan het ondervlak van de kleilaag niet veel hooger dan het ondereinde van de buis gelegen zijn, misschien op eene diepte van 16 à 17 meter. Op 22 meter dachten de arbeiders met het ondereinde in zand te zijn. Op 25 meter stond de buis ten minste 1 meter diep zeker in zand. Daartusschen liggen dus een 6 of 8 meter, waar *mogelijk* veengrond is gelegen. Tegen deze onderstelling spreekt alleen, dat door het opspuiten geen veen naar boven is gevoerd, en tevens is daarbij op te merken, dat de opgave omtrent die 22 meter vrij onzeker is, want het indringen van de buis is niet minder van de wrijving langs hare wanden, dan wel van den weêrstand tegen het ondereinde afhankelijk. Het kan dus niet onmogelijk genoemd worden, dat reeds onmiddellijk onder de klei op 16 à 17 m. de zandlaag begonnen is. Ook zoude men kunnen

tegenwerpen, dat nog op grootere diepte (25 m.) gas in de buis is waargenomen; evenwel kan de verbinding der verschillende buizen tot één geheel niet als zoodanig gasdicht beschouwd worden, dat niet uit eene hoogere streek nog een weinig gas had kunnen binnentreden. Van den anderen kant mag uit de omstandigheid, dat uit de diepte waarop tegenwoordig het ondereinde der buis zich bevindt geen gasontbinding merkbaar is, niet de gevolgtrekking worden afgeleid, dat de ontwikkelende veenlaag niet op grootere diepte gelegen is, want de spanningsverschijnselen kunnen uit den aard der zaak zich slechts aan de bovengrens der permeabele lagen voordoen. De mogelijkheid blijft dus bestaan, dat de gasontwikkelende veenlaag onder het zand gelegen is. Overigens zijn de algemeene voorwaarden van het verschijnsel, namelijk uitgestrekte veen- of derrielagen door kleilagen bedekt, in ons land zoo menigvuldig verspreid, dat het wel te verwachten is, dat ook op andere plaatsen bij den aanleg van Norton-putten soortgelijke gebeurtenissen zullen plaats hebben.

BLIK OP DE

UITBREIDING DER ZOOLOGISCHE KENNIS,

NAAR AANLEIDING DER VERGELIJKING VAN VERSCHILLENDE STELSELS,

DOOR

P. HARTING.

Voorgedragen in de gewone Vergadering van 26 Nov. 1870.

Bij gelegenheid, dat ik aan de Academie het laatste stuk der natuur-historische afdeeling van mijn *Leerboek der Dierkunde* aanbied, zij het mij vergund eenige opmerkingen te maken aangaande de daarin gevolgde stelselmatige groepeering en tevens door eenige cijfers de groote uitgebreidheid der hedendaagsche zoologische kennis te doen uitkomen

Bij het maken van stelselmatige indeelingen des dierenrijks kan men van tweederlei standpunt uitgaan. Velen zien daarin het middel om alle dieren zoo te rangschikken, dat aan elken vorm eene bepaalde plaats in het stelsel wordt aangewezen. — Elke groep, d. i. elke soort, geslacht, familie, orde, klasse, moet daartoe scherp begrensd worden, zoodat elk der daartoe behoorende leden de kenmerken bezit, welke ook aan al de overige leden der groep eigen zijn en die gezamenlijk als diagnose worden zamengevat. De zoodanigen hebben vooral de gemakken der determinatie in het oog. Regelmatig afdalende van het algemeene tot het bijzondere, vindt de verzamelaar zoo de namen der reeds door anderen beschreven soorten, of, indien het eene nog niet beschreven soort geldt, de groep waarin zij geplaatst moet worden.

Zoolang men nog slechts een zeer beperkt getal van dier-

soorten kende, was het volgen van dezen zuiver logischen weg zeer gemakkelijk. Eene diagnose van een of twee regels was meestal voldoende om elke groep scherp te kenmerken, en het getal der aldus gevormde groepen ging het vermogen van een matig geheugen niet te boven. Naar gelang echter zich nieuw ontdekte diervormen bij de reeds bekende voegden, moest zich noodzakelijk ook het getal der groepen vermeerderen. Zoodra toch overigens verwante dieren bleken niet volkomen overeentestemmen in al de kenmerken, die door de diagnose worden uitgedrukt, moest deze hetzij gewijzigd en nog algemeener dan vroeger gemaakt worden, of wel eene nieuwe groep moest worden opengesteld tot opneming dezer afwijkende vormen. Het gevolg hiervan is geweest, dat, inzonderheid in den loop der laatste jaren, het getal dier nieuw gevormde groepen, bepaaldelijk der familiën en geslachten, op eene wijze is toegenomen, die men bijna verontrustend zoude kunnen noemen, omdat zelfs hij die aan een uitmuntend geheugen een stalen vlijt paart, gedurende een geheel menschenleven niet in staat is meer dan een klein gedeelte der duizenden van namen te onthouden, nog minder de kleinere en grootere verschillen, welke tot het geven dier namen aanleiding hebben gegeven. Gaat men op dien weg voort, dan laat zich voorzien, dat, eer vele jaren verloopen zijn, een overzigt van het geheele dierenrijk, dat nu reeds tot de zeer moeijelijke opgaven behoort, eindigen zal met geheel onmogelijk te worden.

De vraag mag dus wel gesteld worden of die weg wel de ware is, en of het niet verkieslijk is, eenen anderen in te slaan. Elke scherpe afbakening van zekere groepen onderstelt, dat er werkelijk in de natuur ook scherpe scheidingen bestaan. Nu heeft wel is waar reeds LINNAEUS gezegd: „*natura non facit saltus*," maar op het standpunt, waarop de toenmalige kennis der dierenwereld stond, had hij toch weinig regt tot zulk eene uitspraak In de eerste folio uitgave van zijn *Systema naturae*, die in 1735 verscheen, geeft hij op twee bladzijden een overzigt van het geheele stelsel van het dierenrijk, van de klassen, orden, geslachten en soorten, met de zeer korte diagnosen van al de eerstgenoemde drie groepen. Ziehier de getallen der door hem in elk zijner zes klassen gerangschikte groepen.

Quadrupeda	4	orden,	34	geslachten,	88	soorten
Aves	7	—	47	—	117	—
Amphibia. .	1	—	4	—	27	—
Pisces . . .	5	—	41 *)	—	166	—
Insecta. . .	4	—	47	—	95	—
Vermes. . .	3	—	19	—	64	—
Te zamen	24	orden,	192	geslachten,	557	soorten †).

Gelukkige tijd voorwaar voor hen die zich spoedig en met weinig moeite een volledig overzigt van de geheele dierenwereld wenschten te verschaffen, en zich de hoofdkenmerken der verschillende groepen in het geheugen te prenten §)!

Ofschoon nu in de latere uitgaven van zijn *Systema Naturae* het getal der groepen allengs merkelijk is toegenomen, zoo kon LINNAEUS toch nog altijd volstaan met deze door zijne korte, kernachtige, een- of tweeregelige diagnosen scherp te begrenzen en logenstrafte hij dusdoende zijne eigene bovengenoemde uitspraak, die trouwens meer op den grond van inwendige overtuiging dan op dien der werkelijke ervaring berustte.

Doch wat voor LINNAEUS niet veel meer dan een duister voorgevoel kon zijn, heeft zich in onzen tijd meer en meer bewaarheid. Talrijke sedert ontdekte, hetzij levende of uitgestorven soorten hebben zich als tusschenvormen geplaatst tusschen

---

*) LINNAEUS rangschikte toen nog de Zeekoe, de Dolphijnen en de Walvisschen onder de visschen. Trekt men deze af, dan wordt het getal der geslachten van visschen met 5 en dat der soorten met 10 verminderd, terwijl de geslachten en soorten van zoogdieren met even zooveel vermeerderd worden.

†) Dit was echter niet het geheele, op dit tijdstip werkelijk aan LINNAEUS bekende getal soorten, gelijk blijkt uit het achter sommige namen geplaatste bijvoegsel: *divers. spec.*, maar alleen van dat hetwelk hij door bijzondere namen onderscheidde. Vele dier soortnamen zijn later, bij invoering der binaire nomenclatuur, geslachtsnamen geworden.

§) Dat LINNAEUS toen nog geen de minste voorstelling had van de verbazende veelvormigheid der organische natuur, moge blijken uit de aanteekening die hij onder de klasse der *Amphibia* (onze *Reptilia*) heeft geplaatst. Zij luidt als volgt: „*Amphibiorum Classem continuare noluit benignitas Creatoris; Ea enim si tot generibus, quot reliquae Animalium Classes comprehendunt, gauderet, vel si vera essent, quae de Draconibus, Basiliscis, ac ejusmodi monstris fabulantur, certe humanum genus terram inhabitare vix posset.*"
Thans worden bijna een 2000-tal soorten van Reptiliën opgeteld.

andere, die oogenschijnlijk zeer van elkander verschillen, en deze aaneengeschakeld op eene wijze, die het soms uiterst moeijelijk maakt aan te toonen, waar de eene vorm begint en de andere eindigt.

Inderdaad kan het ook niet anders, indien het waar is, waarvan de overtuiging meer en meer veld wint, dat er namelijk tusschen diervormen, die thans zeer ongelijk aan elkander zijn, een genetisch verband bestaat, en dat de nu levende diersoorten door allengsche veranderingen uit gemeenschappelijke prototypen ontstaan zijn. Dan toch moet het getal van tusschenvormen die, wanneer zij elkander in den loop des tijds zijn opgevolgd, de beteekenis van overgangsvormen erlangen, eindeloos groot zijn, en, indien het mogelijk ware deze alle te kennen, dan zoude het uit den aard der zaak eene volstrekte onmogelijkheid zijn nog langer deze alle binnen het keurslijf van scherpe diagnosen te knellen.

Doch hoe dit zij, zoo geloof ik dat men in een leerboek, dat bestemd is in eene beperkte ruimte den grooten vormenrijkdom, welken de dierenwereld aanbiedt, althans in zijne hoofdtrekken te leeren kennen, zich voor eene te groote versnippering der groepen wachten moet, ook dan, wanneer men daaraan de scherpte der diagnosen moet opofferen en bij het vermelden van de kenmerken der groepen zich genoopt ziet de woordjes „dikwijls, gewoonlijk, in den regel," enz., intevlechten, om te doen uitkomen dat de aangegeven kenmerken wel is waar bij de meeste, maar niet bij alle leden der groep worden aangetroffen. Alleen langs dien weg is het mogelijk overigens blijkbaar verwante vormen bijeen te houden en met eenen gemeenschappelijken naam te bestempelen.

Dat in weêrwil van dit streven om het getal der onderafdeelingen niet te zeer te vermenigvuldigen, dit toch nog zeer aanmerkelijk is gebleven, moge blijken uit het volgende tafeltje, waarin de getallen der orden en familiën in elke klasse zijn opgeteekend.

Vertebrata.	Ord.	Fam.	*Echinodermata.*	Ord.	Fam.
Mammalia	17	62	*Holothurioidea* . . .	3	6
Aves	7	57	*Echinoidea*	2	11
Reptilia	6	53	*Stelleridea*	2	13
Pisces	14	79	*Crinoidea*	2	14
Arthrozoa.			*Coelenterata*		
Insecta	10	98	*Ctenophora*	2	11
Arachnoidea	8	23	*Hydrozoa*	3	25
Crustacea	8	60	*Anthozoa*	2	17
Vermes.			*Protozoa.*		
Coelelmia	8	49	*Spongiaria*	2	15
Plerelmia	4	36	*Rhizopoda*	3	24
Mollusca.			*Gregarinaria*	1	1
Cephalopoda	2	16	*Noctilucaria*	1	1
Gasteropoda	4	62	*Acinetina*	1	3
Pteropoda	2	9	*Infusoria*	2	19
Solenoconchae	1	1			
Lamellibranchia . .	2	25			
Tunicata	3	8			
Brachiopoda	2	9			
Bryozoa	2	7			

Vereenigt men deze cijfers, dan verkrijgt men de volgende getallen der klassen, orden en familiën in elk der zeven hoofdafdeelingen.

	Klassen.	Orden.	Familiën.
Vertebrata	4	44	251
Arthrozoa	3	26	181
Vermes	2	12	85
Mollusca	8	18	137
Echinodermata	4	9	44
Coelenterata	3	7	53
Protozoa	6	10	63
Te zamen	30	125	814

Bij deze getallen voegen zich nog 14 onderklassen, 78 onderorden en 226 onderfamiliën, zoodat het geheele cijfer der

groepen van hoogeren en lageren rang, waarvan eene nu eens meer dan weêr minder uitvoerige beschrijving gegeven is, 1295 bedraagt. Van de geslachten zijn omstreeks 6200 met namen vermeld, en van de meesten ook enkele der hoofdkenmerken genoemd. Het geheele getal der bekende geslachten is echter nog veel grooter *). Wat de soorten aanbelangt, zoo was ik wel genoodzaakt deze meerendeels geheel met stilzwijgen voorbij te gaan en heb daarvan alleen gewag gemaakt, wanneer enkele bijzonderheden der levenswijze of de geographische verspreiding eene opzettelijke vermelding vorderden.

De bestaande getallen leveren niet alleen een sprekend bewijs van de verbazende veelvormigheid der dierlijke wezens, maar zijn tevens wel geschikt om te doen zien, hoe uitgebreid de hedendaagsche zoologische kennis is. Het kwam mij niet geheel onbelangrijk voor, daarmede de getallen der gelijknamige groepen te vergelijken, die voorkomen in de tweede, in 1849—1855 verschenen uitgave van het *Handboek der dierkunde* van ons overleden medelid J. VAN DER HOEVEN, alsmede in het bekende werk van G. CUVIER, *Le règne animal distribué d'après son organisation*, dat in 1817 verscheen en waarin voor het eerst de juiste grondslagen gelegd zijn, waarop de zoologen nog heden ten dage voortbouwen, al heeft dan ook de uitbreiding onzer kennis in den loop der sedert verstreken halve eeuw er toe geleid om eenige noodzakelijke wijzigingen in zijn stelsel te maken, waardoor zulk eene vergelijking eenigzins bemoeijelijkt wordt. Hierbij voegt zich nog een ander en inderdaad belangrijker bezwaar. De woorden „klasse orde, familie, geslacht" drukken geen bepaalde begrippen uit, waarvan de beteekenis voor allen en altijd dezelfde is. Integendeel de geschiedenis der wetenschap leert: dat die begrippen zich met den toenemenden omvang der kennis van de dierlijke vormen zeer gewijzigd hebben. Vele der geslachten van

---

*) Reeds dikwijls is geklaagd over de bij velen heerschende zucht om nieuwe geslachten en ondergeslachten te vormen, die dan elk natuurlijk weder een eigen naam ontvangen. Vooral de entomologen munten daarin uit. Wanneer men b.v. ziet dat J. THOMSON in zijn *Systema Cerambycidarum* deze familie in niet minder dan 1095 geslachten splitst, dan mag men wel vragen of zulk eene versnippering niet veeleer na- dan voordeelig voor de eigenlijke wetenschap is.

LINNAEUS vinden wij in onze tegenwoordige familiën terug, en hetzelfde geldt van vele der geslachten van CUVIER die hij *grands genres* noemde ter onderscheiding van de ondergeslachten of *sousgenres*, welke laatste echter nagenoeg alle in latere rangschikkingen als geslachten overgegaan, ja niet zelden zelve wederom in ondergeslachten verdeeld zijn. Bovendien hechten zelfs gelijktijdig levende schrijvers aan die namen eene verschillende beteekenis. Wanneer men het derde deel van het *Règne animal*, dat niet door CUVIER maar door LATREILLE bewerkt is, vergelijkt met de drie overige deelen, dan bemerkt men spoedig dat voor laatstgenoemden de begrippen van familie en van geslacht niet zulk eenen ruimen omvang als voor CUVIER hadden. Die verschillende opvatting van gelijknamige groepen door onderscheidene schrijvers treedt nog duidelijker te voorschijn, wanneer men de algemeene werken vergelijkt met die over deze of gene bijzondere afdeeling van het dierenrijk. In het laatste geval is de schrijver van zelfs geneigd om niet alleen de ondergeslachten tot geslachten en de geslachten tot familiën, maar ook groepen die voor anderen familiën zijn tot orden te verheffen. Deze onstandvastigheid en ongelijkmatigheid van begrippen, die met dezelfde namen worden aangeduid, is voorzeker te betreuren en zeer wenschelijk zoude het zijn, indien daaromtrent meer eenstemmigheid heerschte. AGASSIZ heeft in zijn bekend geschrift, *Essay on Classification* p. 137 en volg., zoeken aan te toonen dat de begrippen van klasse, orde, familie en geslacht geen enkel conventioneele begrippen maar werkelijk in de natuur gegrond zijn. Ook heeft hij eenige regelen aan de hand gegeven, die tot bepaling dier begrippen en hunne toepassing op bijzondere gevallen kunnen leiden. Intusschen, hoe veel waars zijne daaromtrent gemaakte beschouwingen ook bevatten, zoo valt het toch niet moeijelijk bij de overweging der door hem gegeven regelen in te zien, dat ook de toepassing dier regelen — zelfs gesteld dat hunne juistheid door allen erkend werd — nog op tamelijk verschillende wijze geschieden kan, zoodat in werkelijkheid het nu eenmaal bestaande bezwaar daardoor slechts weinig zoude worden verminderd.

Hoewel nu uit het gezegde volgt, dat eene vergelijking der

gelijknamige groepen in stelsels van verschillende schrijvers, vooral wanneer zij van verschillenden tijd zijn, nimmer tot in allen opzigte juiste gevolgtrekkingen kan leiden, zoo laat ik hier toch de optelling volgen der groepen, zoo als deze in de beide reeds genoemde werken bevat zijn.

Van der hoeven onderscheidde 17 klassen met het volgende getal van orden en familiën in elk daarvan,

	Ord.	Fam.		Ord.	Fam.
Mammalia	13	44	*Rotatoria*	1	5
Aves	6	54	*Entozoa*.	2	5
Reptilia.	6	23	*Echinodermata*. . . .	2	6
Pisces	11	46	*Acalephae*.	3	9
Mollusca *).	3	14	*Polypi*.	4	15
Conchifera †)	2	23	*Infusoria*	4	13
Tunicata	2	3			
Crustacea.	10	34			
Arachnoidea.	8	15			
Insecta	12	63			
Annulata.	3	14			

Het gezamenlijke getal der orden bedraagt 82, dat der familiën 386. Het getal der door hem deels beschrevene, deels alleen genoemde geslachten beloopt ruim 2400.

Hieronder volgen nu de getallen derzelfde gelijknamige groepen in het stelsel van cuvier, die 19 klassen, tot 4 hoofdafdeelingen vereenigd, aannam.

Vertèbrés.	Ord.	Fam.	*Mollusques.*	Ord.	Fam.
Mammifères.	8	19	*Céphalopodes*	1	1
Oiseaux.	6	17	*Ptéropodes*	2	2
Reptiles.	4	14	*Gasteropodes*	7	11
Poissons	8	21	*Acéphales* §)	2	7
			Brachiopodes	1	1
			Cirrhopodes **). . .	1	1

*) *Cephalopoda*, *Gasteropoda* en *Pteropoda*.
†) *Lamellibranchia* en *Brachiopoda*.
§) *Lamellibranchia* en *Tunicata*.
**) Thans naar de Crustaceën overgeplaatst.

Articulés.	Ord.	Fam.	*Raijonnés*	Ord.	Fam.
Annélides.	3	5	*Echinodermes.* . . .	2	4
Crustacés.	5	23 *)	*Intestinaux*	2	5
Arachnoides	2	14	*Acalèphes*	2	7 †)
Insectes	12	53	*Infusoires*	2	3

Vereenigt men deze getallen voor de 4 hoofdafdeelingen dan verkrijgt men:

	Klassen	Orden.	Familiën.
Vertèbrés.	4	26	71
Mollusques.	6	14	23
Articulés	4	22	95
Raijonnés.	5	10	24
Te zamen	19	52	213

Het geheele getal der door CUVIER en LATREILLE in het *Règne animal* beschreven geslachten en ondergeslachten bedraagt 2072

Tot eene juiste vergelijking der cijfers in deze verschillende groepen met die in het stelsel vervat in het Handboek van VAN DER HOEVEN en met dat in mijn Leerboek, zouden daarin eerst eenige correctiën moeten gemaakt worden, omdat sommige afdeelingen, die door CUVIER onder eene zijner vier hoofdgroepen zijn gerangschikt, later, bij verder gevorderde kennis der ware verwantschappen, naar andere groepen zijn overgebragt. Zoo de *Cirrhopodes* van de *Mollusca* naar de *Articulata*, de *Bryozoa* van de *Polypi* naar de *Mollusca*, terwijl zijne *Intestinaux* met de *Annélides* te zamen de tegenwoordige afdeeling der *Vermes* uitmaken.

Zonder nu deze vergelijking tot alle groepen uit te strekken, bepaal ik mij tot die der familiën, welke onder elke der 4 hoofdgroepen van CUVIER gerangschikt kunnen worden, na daaruit die verwijderd te hebben welke men er thans niet meer onder plaatsen zoude.

---

*) Onder den naam van *sections*.

†) Met inbegrip der *tribus*.

Het geheele getal der in 1817 door CUVIER opgestelde familiën staat tot dat van die in mijn Leerboek als 1 : 3,8. Voor zijne vier hoofdafdeelingen vindt men de volgende verhoudingen:

Vertebrata	1 : 3,45
Mollusca	1 : 5,96
Articulata *)	1 : 2,04
Radiata †)	1 : 8,88

Het blijkt hieruit, dat, terwijl de verhoudingscijfers voor de *Vertebrata* en de *Articulata* beneden het algemeene verhoudingscijfer blijven, daarentegen die voor de *Mollusca* en inzonderheid voor de *Radiata* zich ver daarboven verheffen. Inderdaad zijn het dan ook vooral de onder laatstgenoemden gemeenschappelijken naam door CUVIER zamengevatte afdeelingen der *Echinodermata*, *Coelenterata* en *Infusoria*, welker kennis door de ontdekkingen van lateren tijd in de grootste mate is toegenomen.

Zulke cijfers mogen geene absolute waarde hebben, zij verkondigen toch de rigting, waarin zich het onderzoek in den loop der laatste halve eeuw bij voorkeur bewogen en zich onze kennis der dierlijke vormen uitgebreid heeft. Maar zij verkondigen ook nog iets anders: dat namelijk het getal der hoogere groepen geenszins in gelijke mate toeneemt als het getal der nieuw ontdekte soorten. Het aantal der in genoemd tijdperk ontdekte soorten van Gelede dieren is vele malen grooter dan dat in alle overige hoofdafdeelingen te zamen genomen, en toch is het getal der familiën slechts behoeven verdubbeld te worden om al die nieuwe soorten op te nemen. Die toeneming strekt zich zelfs niet gelijkelijk uit tot al de klassen van gelede dieren, maar het zijn voornamelijk de Crustaceën, die daaraan het grootste aandeel hebben. Voor dezen is de verhouding 1 : 2,60, terwijl zij voor de Insekten 1 : 1,85 en voor de Arachnoiden 1 : 1,65 bedraagt. Werkelijk was dan ook van de verschillende onderdeelen der zoologie de entomologie tijdens LATREILLE

*) Zonder de *Annélides*.

†) Na afscheiding zijner *Intestinaux* en *Rotifères*.

het verst gevorderd, en hoe groot de sedert gedane aanwinsten van nieuwe species ook zijn, zoo kunnen deze meerendeels nog hare plaats vinden in de door LATREILLE gevormde familiën.

Dit leert, dat men voor elke hoofdafdeeling allengs tot een maximum nadert van de groepen van verschillenden rang, welke daarin worden zamengevat. Wat de klassen aanbelangt, zoo mag men het als waarschijnlijk beschouwen, dat er voortaan geen diervormen meer ontdekt zullen worden, zoo afwijkend van de reeds bekende, dat daarvoor nieuwe klassen behooren te worden opengesteld. Hoogstens kan men verschillen omtrent het getal der klassen, omdat groepen die door sommigen als onderklassen worden beschouwd, door anderen tot klassen worden verheven. Zoo zien eenigen, in de beide onderklassen der Monopnoïsche en der Dipnoïsche Reptiliën, twee klassen, die zij als Reptiliën en als Amphibiën onderscheiden. Ook de gewoonlijk als onderklassen beschouwde afdeelingen der visschen, *Dipnoi*, *Teleostei*, *Ganoidei*, *Selachii*, *Cyclostomi* en *Leptocardii*, kunnen als klassen worden opgevat, zoodat derhalve, al naar gelang van het standpunt waarop men zich plaatst, het getal der klassen van Vertebraten tusschen 4 en 10 wisselen kan. Evenzoo kan men de Insekten en Myriapoden, hetzij tot eene enkele klasse, bestaande uit twee onderklassen, vereenigen of wel aan elk daarvan den rang eener klasse toekennen. Zulke verschillen in zienswijze zullen wel altijd blijven bestaan, omdat de begrippen van klasse en onderklasse zelve voor eene verschillende opvatting vatbaar zijn.

Daardoor echter wordt de boven uitgesproken stelling, dat het niet waarschijnlijk is, dat het voortaan immer noodig zal zijn nog andere geheel nieuwe klassen open te stellen tot opneming van nieuw ontdekte vormen, geenszins weêrlegd. Zeer ligt mogelijk, ja zelfs waarschijnlijk is het echter, dat men later, zoo niet onder de levende, dan onder de uitgestorven soorten, vormen vinden zal die schier met gelijk regt tot tweederlei klassen gebragt kunnen worden, zooals b.v. met *Lepidosiren* en *Archaeopteryx* het geval is, en dat men dan thans gescheiden klassen wederom vereenigt.

Ten aanzien der orden is het geval reeds eenigzins anders. Wel is waar bestaat er weinig grond om te vermoeden dat men

nog tot de hoogere afdeelingen der Vertebraten, Mollusken en Arthrozoën behoorende vormen zal ontdekken, die zich niet onder eene der reeds bekende orden laten rangschikken, maar daarentegen is het geenszins onwaarschijnlijk dat er nog onontdekte Wormen, Echinodermen, Coelenteraten of Protozoën leven, die, eenmaal ontdekt zijnde, wegens hun van dat van alle overigen afwijkend maaksel tot het openstellen eener nieuwe orde of althans onderorde zullen noodzaken. De eerst sedert weinige jaren bekend geworden *Balanoglossus* en *Rhopalodina* strekken daarvan ten voorbeeld. Intusschen mag men uit het meer en meer zeldzaam worden van die gevallen, in weerwil van den verbazenden ijver, waarmede alle bewoonbare plaatsen der aarde reeds doorzocht zijn en nog worden, toch wel besluiten dat men ook hier het maximum nabij is.

Van de familiën geldt ongeveer hetzelfde, hoewel natuurlijk haar aantal nog iets verder verwijderd is van het maximum dat later blijken zal noodig te zijn, wanneer eenmaal alle levende en fossile dierlijke vormen stelselmatig gerangschikt zullen zijn. Afgaande op den gang der ontdekkingen in den loop der laatste jaren, meen ik daaruit te mogen besluiten, dat haar aantal in het vervolg slechts weinig zal behoeven te vermeerderen en dat die vermeerdering in elk geval gering zal zijn, vergeleken met die welke het aantal der familiën sedert 1817 heeft ondergaan. Natuurlijk bedoel ik daarmede echter niet dat het aantal der groepen, welke men met den naam van familiën gelieft te bestempelen, niet nog zeer vermenigvuldigen zal. De meeste specialisten toch zijn daartoe maar al te zeer geneigd, en dit kan trouwens niet anders, wanneer men naar scherpe diagnosen streeft, die alle uitzonderingen buitensluiten. Maar wanneer men meer en meer tot de overtuiging komt, dat alle groepen van dierlijke vormen, derhalve ook de familiën, als typen moeten worden beschouwd, welker verwezenlijking slechts bij eenige in en nabij het centrum der groep geplaatste vormen volkomen is, terwijl zich daaromheen, in zich al verder en verder van het centrum verwijderende kringen, andere vormen laten plaatsen waarin de type al minder en minder volkomen verwezenlijkt is, dan zal men er veeleer naar streven om het getal dier centra, met andere woorden dat der natuur-

lijke familiën te verminderen, dan door hare vermeerdering het verband daartusschen, dat òf nog bestaat òf vroeger bestaan heeft, nog losser te maken of liever te doen schijnen.

En even zoo is het met de geslachten gelegen. Nog wordt telken jare de naamlijst daarvan met eenige honderdtallen vermeerderd, maar beschouwd men de zaak van naderbij, dan blijkt al spoedig dat in de meeste gevallen de naamgevers de oude Linneaansche uitspraak: *„character non facit genus”* geheel vergeten hebben. Al te dikwijls gebeurt het, dat nieuwe geslachten gegrond worden op kenmerken, die hoogstens ter onderscheiding van soorten kunnen dienen, of dat men een reeds bestaand geslacht oplost in twee, drie of meer geslachten, alleen omdat het getal der soorten daarin door nieuwere ontdekkingen is toegenomen. Niets is alsdan eenvoudiger dan onder de kenmerken er een te vinden, waarin sommige der soorten overeenstemmen, terwijl het bij andere gemist wordt, en het is voorzeker bij het opmaken van eenen catalogus der soorten raadzaam deze dienovereenkomstig te groepeeren, omdat het opzoeken en determineeren daardoor gemakkelijker gemaakt wordt, maar zulk eene groepeering is altijd een kunstmatig hulpmiddel, niets meer. Het leidt slechts zelden tot de vorming van werkelijk natuurlijke groepen, zoo als de geslachten behooren te zijn.

Dat hierdoor het overzigt van de werkelijk in de natuur bestaande groote verscheidenheid der vormen meer dan noodig is bemoeijelijkt wordt, is duidelijk. Namen maken de wetenschap niet uit: zij zijn slechts middelen om zich aan anderen verstaanbaar te maken en het eenmaal waargenomene in concreten vorm te bewaren. Zoolang dit op eene andere wijze even goed geschieden kan, moet men het getal der namen niet noodeloos vermeerderen. Een naam behoort de zigtbare en hoorbare vorm van een begrip te zijn. Maar waar die begrippen slechts zeer weinig van elkander verschillen, zijn nieuwe namen niet alleen overbodig maar zelfs schadelijk voor het verstaan dier begrippen en daardoor voor de wetenschap. Voor een deel trouwens is dit een gevolg van de gebruikelijke wijze van naamgeving. Dat deze zoo willekeurig mogelijk is, weet elk. Zeer dikwijls drukt zelfs de naam geenerlei begrip uit, b.v. al die geslachts-

namenwelke ontleend zijn aan de namen van meer of minder bekende schrijvers. Maar hetgeen hinderlijk is en aanleiding tot verwarde voorstellingen geeft, is dat er bij het geven van namen bijna nooit gelet wordt op den graad van verschil of overeenkomst tusschen de onderscheidene diervormen. De geslachtsnamen *Felis* en *Amoeba* verschillen niet meer van elkander dan die van *Ploceus* en *Textor*, en toch staan de dieren, die onder de beide eerste namen begrepen worden, aan de twee tegen elkander over geplaatste pooleinden van het stelsel, terwijl de beide laatste zeer na verwante vormen aanduiden.

Inderdaad bestaat er de grootste behoefte aan een geheel gewijzigd stelsel van nomenclatuur, zoo ingerigt, dat het hoor- of zigtbare teeken, d. i. de naam, ook zooveel mogelijk het begrip uitdrukt hetwelk men daarmede tracht terug te geven. Met andere woorden: verwante vormen moeten ook verwante namen hebben, en elke naam moet in het kort de som bevatten van de hoofdkenmerken van den dierlijken vorm welken men met dien naam bestempelt.

Is zulk een stelsel uitvoerbaar? Ik geloof van ja. Maar zal het ook invoerbaar zijn? Zal het niet afstuiten op de zucht om de oude namen te blijven behouden, waaraan zekere eigendomsregten verbonden zijn? Zeer waarschijnlijk. Voor het oogenblik onthoud ik mij dan ook van het voorstellen van zulk eene diep ingrijpende verandering in de gebruikelijke nomenclatuur Welligt kom ik echter later nog eens daarop terug.

26 *November*, 1870.

OVER DE

KWANTITATIEVE SCHEIDING VAN HET IJZER

VAN DE METALEN

NIKKEL EN KOBALT.

DOOR

E. H. VON BAUMHAUER.

Voorgedragen in de Vergadering van 28 Januari 1871.



Wanneer men het uitstekende handboek over de kwantitatieve analyse van FRESENIUS ter hand neemt, en daarin de methoden tot scheiding van ijzeroxydul of ijzeroxyd van het kobalt- en nikkeloxydul nagaat, zoo zoude men tot het denkbeeld komen dat die scheiding niet veel moeielijkheden oplevert, want dat er keuze *te* over is van goede methoden, doch de reden van die groote keuze zal wel nergens anders in gelegen zijn dan in de door verschillende onderzoekers ondervonden onvolmaaktheid der meeste aanbevolen methoden, waardoor zij tot het zoeken naar betere zijn gedwongen geworden; dit blijkt overigens genoeg uit het door denzelfden meester in de analytische scheikunde uitgegeven *Zeitschrift für analytische Chemie,* van hetwelk ieder jaargang nieuwe onderzoekingen bevat over de kwantitatieve scheiding dier metalen en kritieken over aanbevolen methoden. Bij gelegenheid eener meteoorsteen-analyse in den laatsten tijd door mij verricht, lieten de door mij gevonden resultaten, bij de bepaling van het ijzer- en nikkelgehalte zooveel te wenschen over dat ik mij genoodzaakt zag sommige der meest aanbevolen methoden aan een opzettelijk onderzoek te on-

derwerpen. Toen ik met dat onderzoek bezig was ontving ik de *Beiträge zur Kenntniss der Meteoriten*, welke C. RAMMELSBERG in de zitting van 27 Junij des vorigen jaars der Berlijnsche Akademie heeft geleverd en te vinden zijn in het *Monatsbericht* dier Akademie van Junij 1870. RAMMELSBERG wijdt een afzonderlijk hoofdstuk aan de scheiding van nikkel van ijzer, en besluit dit met de volgende opgave:

„Wie gross die Differenzen lediglich in Folge des Verfahrens „sind, zeigen folgende Zahlen für den Prozentgehalt von Nickel:

Meteoreisen von	nach meinen Versuchen.		
Tula	9,84—10,24	2,63	Auerbach.
Ruffs Mountains. . . .	9,65	3,12	Shepard.
Lockport	10,73	5,71	Silliman.

„Man mag sich vorstellen, wie viele Angaben in dieser Hin„sicht weit unter dem wahren Werth geblieben sein mögen"; terwijl RAMMELSBERG vooraf laat gaan: „Man wird bei mehreren „Analysen stets das Maximum des Nickels als die zuverläs„sigste Zahl annehmen müssen."

RAMMELSBERG veroordeelt, naar aanleiding der onderzoekingen van H. ROSE, de door BERZELIUS gebruikte methoden:

1°. de praecipitatie van ijzeroxydhydraat door middel van overvloedige ammonia, in welke laatste het nikkeloxydul opgelost zoude blijven;

2°. de neutralisatie der vloeistof door ammonia zonder overvloed en praecipitatie van het ijzeroxyd door barnsteenzure ammonia, terwijl uit het filtraat in beide gevallen het nikkeloxydul door zwavel-ammonium wordt afgescheiden;

3°. evenzeer veroordeelt R. de methode, berustende op de neutralisatie der vloeistof door koolzure soda, en praecipitatie van het ijzeroxyd door azijnzure soda bij kookhitte.

RAMMELSBERG geeft de voorkeur aan de behandeling der vloeistof, die het ijzer als ijzerchlorid en het nikkel als nikkelchloruur bevat door zuivere koolzure baryt zonder verwarming, waardoor het ijzeroxyd gepraecipiteerd wordt, terwijl het nikkelchloruur opgelost blijft, ofschoon reeds H. ROSE, die deze methode zeer aanbeveelt, had opgemerkt dat zij beter is voor de

scheiding van ijzer van kobalt, dan van nikkel, dewijl het op deze wijze verkregen ijzeroxyd steeds nikkelhoudend is.

In dien toestand der zaak heb ik het noodig geoordeeld eene reeks vergelijkende proeven te nemen met de verschillende methoden, en daartoe niet gebruikt een mij onbekend mengsel van ijzer en nikkel en van ijzer en kobalt, maar daartoe genomen eene bepaalde hoeveelheid zuiver ijzeroxyd, bereid door verhitting aan de lucht van zuiver zuringzuur ijzeroxydul; evenzeer eene bepaalde hoeveelheid zuiver metallisch kobalt, uit gezuiverden roseo-kobaltchlorid door reductie in H verkregen, en eene bepaalde hoeveelheid zuiver metallisch nikkel, verkregen door gloeiing van zuiver zuringzuur nikkeloxydul eerst aan de lucht en daarna in H.

Deze stoffen werden in zuiver zoutzuur opgelost, en ieder dezer oplossingen tot een liter gebracht. Met opzet heb ik de sterkte der oplossingen zoodanig genomen dat de verhouding van de metalen, bij het nemen van gelijke volumina der vloeistoffen, ongeveer was als 1 nikkel tot 10 ijzer en als 1 kobalt tot 10 ijzer.

Daarna werden eene reeks mengsels gemaakt van 25 CC ijzer- en 25 CC nikkel-oplossing en eveneens van 25 CC ijzer- en 25 CC kobalt-oplossing en deze mengsels volgens verschillende methoden geanalyseerd.

De mededeeling der gevonden cijfers acht ik hier onnoodig, en deel alleen mede de resultaten van het onderzoek, wat betreft de gevonden hoeveelheden nikkel en kobalt berekend op 100 gewichtsdeelen van het gebruikte metaal. De gevonden cijfers toch hebben hoegenaamd geen waarde, dewijl bij eene herhaling der proeven andere zullen worden gevonden om redenen later op te geven.

1°. Door praecipitatie van het ijzer als ijzeroxydhydraat door ammonia, werd van het gebruikte nikkel gevonden 73 %, van het kobalt slechts 52 %; ik moet hierbij opmerken dat het praecipitaat van ijzeroxydhydraat uit de warme solutie werd verkregen, en dadelijk afgefiltreerd en uitgespoeld.

2°. Door praecipitatie met barnsteenzure ammonia, bij kookhitte, na neutralisatie met ammonia, werd aan nikkel gevonden 75 %, aan kobalt 69 %.

3°. Door praecipitatie met azijnzure soda, na neutralisatie met koolzure soda, werd aan nikkel 82 %, aan kobalt 91 % gevonden.

4°. Door praecipitatie van het ijzeroxyd door fijngeslibd zuivere koolzure baryt in de koude werd aan nikkel gevonden 92 %, aan kobalt 85 %.

5°. Dezelfde proef herhaald, doch bij verwarming der vloeistof tot kookhitte vóór de bijvoeging van koolzure baryt, werd aan nikkel slechts gevonden 25 %, aan kobalt 44 %.

Hieruit blijkt dat, indien wij uit deze methoden moeten kiezen, de door H. ROSE en RAMMELSBERG aanbevolen methode door koolzure baryt bij koude stellig die is, welke, wat het nikkel aangaat, het minste verlies zal geven; dat verlies zal echter bij de analyse nauwelijks worden bespeurd, dewijl het verloren nikkeloxydul in het ijzeroxydhydraat schuilt, en bij de berekening der analyse als ijzer of ijzeroxydul in rekening wordt gebracht.

Mijne proeven bevestigen dus geheel hetgeen door RAMMELSBERG is opgemerkt, doch ik geloof niet dat men hierbij mag blijven stilstaan en berusten bij hetgeen hij zegt: „Man wird „bei mehreren Analysen stets das Maximum des Nickels als „die zuverlässigste Zahl annehmen müssen.” Het maximum hetgeen men door die onvoldoende methode verkrijgt, is, zooals wij gezien hebben, nog verre van de waarheid verwijderd.

Hopende eene betere methode te vinden heb ik in verschillende richtingen proeven genomen, de meesten echter met weinig bevredigende resultaten.

Bij de methode van J. THOMSON *), die het ijzeroxyd en de aluinaarde uit eene oplossing die azijnzure soda en azijnzuur bevat, door phosphorzure soda als phosphaten bij koude praecipiteert, is bij aanwezigheid van nikkel, dit praecipitaat ook niet nikkelvrij.

Een mengsel van ijzeroxyd en van nikkeloxydul in drogen toestand werd in een platinumschuit gedurende geruimen tijd gegloeid in een stroom droog zoutzuurgas, doch bij onderzoek bleek mij de aanwezigheid van nikkel, zoowel in hetgeen in het schuitje was teruggebleven als in het sublimaat; hetzelfde bleek mij toen ik een dusdanig mengsel eerst in een stroom

*) FRESENIUS, *Zeitschrift für Analytische Chemie*. Jahrg. VI, p. 183.

H had gereduceerd en toen bij sterke hitte in een sterken stroom droog H Cl behandelde.

Eindelijk heb ik nog de door G. WERTHER *) bij de analyse van den Pultusker steen gevolgde wijze beproefd, door namelijk het nikkelhoudend praecipitaat van ijzeroxydhydraat door ammonia verkregen met zeer verdund azijnzuur uit te koken; doch bij gebruik van zeer verdund azijnzuur wordt niet al het nikkel weggenomen, en bij eenigszins sterker azijnzuur blijft ook na lang koken de oplossing ijzerhoudend. Het door G. WERTHER in dien steen aangegeven nikkelgehalte is dan ook veel lager dan door RAMMELSBERG is gevonden.

Na al die vergeefsche pogingen heb ik mij de vraag gesteld: welke is de oorzaak, dat, terwijl nikkeloxydul en kobaltoxydul uit hunne oplossingen door weinig ammonia gedeeltelijk gepraecipiteerd, doch na toevoeging van overvloedige ammonia volkomen worden opgelost, zulks niet doen wanneer daarbij een praecipitaat ontstaat van ijzeroxydhydraat? Men zoude zulks kunnen verklaren uit de neiging der oxyden $R^2 O^3$ om zich met oxyden van de formule R O te verbinden, doch, naar mijn oordeel, is dit verschijnsel alleenlijk te wijten aan den physischen aard van het volumineuze, geleiachtige ijzeroxydhydraat, hetwelk bij zijne praecipitatie eene groote hoeveelheid zich in opgelosten toestand bevindende zouten insluit, of op zich nederslaat; verwarmt men de vloeistof, zoo wordt het praecipitaat wel minder volumineus, doch het coaguleert, eenigszins te vergelijken bij de coagulatie van eiwit, en geheel gelijk aan de werking der aluinaarde, waarvan men bij het maken van lakken de medeslepende eigenschap zoowel voor gesuspendeerde als voor opgeloste stoffen kent. Eene lang voortgezette wassching van zulke praecipitaten, al is het ook met oplossingsmiddelen (zooals voor nikkel en kobalt met ammonia liquida) helpt zeer weinig tot verwijdering dier stoffen. Bij de praecipitatie met koolzure baryt verkrijgt men een veel minder volumineus en meer korrelig praecipitaat, en hierin is de reden gelegen dat dit veel minder ofschoon toch ook een weinig van de zouten terughoudt; doch het gebruik van koolzure baryt noodzaakt de vorming van twee voor de analyse onnoodige praecipitaten van zwavelzure baryt; dit is wel is waar

*) Ibid. Jahrg. VIII, p 459.

korrelig kristallijn, doch wordt in groote hoeveelheid verkregen, waardoor bij onvolkomen uitspoeling verlies ontstaat

De wijze die ik voor de beste houd, en volgens welke ik zoowel bij het nikkel als bij het kobalt zeer voldoende resultaten heb verkregen is de volgende: zij is niet nieuw, want zij is de, het eerst door BERZELIUS gevolgde methode, maar eenigszins gewijzigd, met welke wijziging zij ook door FRESENIUS op pag. 468 der vijfde uitgave wordt aanbevolen, doch vooral om kleine hoeveelheden ijzeroxyd van grootere hoeveelheden kobalt- en nikkeloxydul te scheiden.

De vloeistof, die ijzerchlorid, aluminiumchlorid, nikkel- en kobaltchloruur, en daarenboven magnesia, kalk en alkaliën bevat, wordt met chloorammonium en overvloedige ammonia liquida warm gepraecipiteerd en na bezinking wordt eerst de vloeistof afgefiltreerd, het praecipitaat nog eens met ammoniahoudend water omgeroerd, op het filtrum gebracht en een paar malen uitgespoeld. De doorgeloopen vloeistof wordt afzonderlijk bewaard. Met een roerstaaf wordt het praecipitaat voorzichtig van het filtrum grootendeels afgenomen en in het praecipiteerglas teruggebracht, hetgeen nu onder den trechter wordt geplaatst; op het filtrum wordt warm verdund zoutzuur gegoten, zoodat al het daarop gebleven ijzeroxydhydraat wordt opgelost; het overvloedig zoutzuur dient tot oplossing van het ijzeroxydhydraat in het praecipiteerglas. Nadat de oplossing heeft plaats gehad wordt het filtrum met verdunde ammonia uitgespoeld, die in het bekerglas vloeit, om zeker te zijn dat bij het op nieuw gebruiken van het filtrum, hetgeen bij voorzichtig werken voor de geheele bewerking dient, geen zoutzuur daarin ongebonden is teruggebleven.

Het ijzeroxydhydraat wordt nu op nieuw door overvloedige sterke ammonia bij koude gepraecipiteerd; en daarmede gedurende eenige uren in aanraking gelaten, hetgeen vooral bij het kobalt noodzakelijk is. De vloeistof wordt na verdunning met water (dewijl sterke ammonia het filtrum gemakkelijk breekt) door het vroeger gebruikt filtrum gefiltreerd, en deze bewerking nog eens of twee malen herhaald; men overtuigt zich of die herhaling noodig is door in de doorgeloopen vloeistof een paar druppels zwavelammonium te doen; blijkt het dat eene

bruine verkleuring ontstaat, zoo moet bepaald de behandeling van het praecipitaat nog eens geschieden; alleen op die wijze is men zeker dat het ijzeroxydhydraat nikkel- en kobaltvrij is.

Men heeft op deze wijze in de analyse niet alleen veel chloorammonium en ammonia, maar ook groote massa's water gebracht; om de last hierdoor veroorzaakt weg te nemen, damp ik de vloeistoffen, verkregen door de tweede en volgende praecipitaties, in een waterbad tot droog toe uit, breng het gedroogde zout in een porseleinen kroes en gloei daarin het chloorammonium weg. Dit mag niet in een platinumschaal gebeuren, dewijl bij het verhitten van het chloorammonium nikkel wordt gereduceerd, hetwelk zich met het platinum verbindt en moeielijk te verwijderen vlakken in de schaal veroorzaakt.

Daarna wordt in dezelfde kroes de vloeistof verkregen bij de eerste praecipitatie van het ijzeroxydhydraat uitgedampt, en het residu, ter verwijdering van het chloorammonium eerst aan de lucht en dan in een stroom droge waterstof gegloeid, waardoor uit het chloornikkel en het cloorkobalt de metalen worden gereduceerd. Behandelt men nu het residu eerst met water en dan met zeer verdund zoutzuur, zoo blijven deze metalen onopgelost terug, terwijl het mangaan, de magnesia, de kalk en de alkaliën, zoo die aanwezig waren, opgelost worden.

Het verkregen ijzeroxydhydraat wordt na uitspoeling gedroogd, gegloeid, gewogen, en na bevochtiging met salpeterzuur nog eens tot controle gewogen. Na zeer fijn gemaakt te zijn wordt een afgewogen gedeelte daarvan in een zilveren kroes met sodahydraat gegloeid en op deze wijze de aluinaarde bepaald.

Deze methode, die stellig niet aanspraak kan maken op den naam van fraaie methode, is naar mijne ondervinding de eenige der tot nog toe aangegevene, waardoor het ijzeroxyd vrij van nikkel en kobalt kan worden verkregen. Bij het onderzoek met de vroeger genoemde oplossingen heb ik op deze wijze handelende van het gebruikte ijzer teruggevonden van 99,7 tot 100,5 %, van het gebruikte nikkel 99,4, 99,7, 99,0 en van het gebruikte kobalt 99,8, 100,2 en 99,0; welke uitkomsten met de vroeger medegedeelde vergeleken, zeer bevredigend zijn.

INHOUD

VAN

DEEL V. — STUK 2.

---

bladz.



GEDRUKT BIJ DE ROEVER - KRÖBER - BAKELS.

VERSLAGEN EN MEDEDEELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

VAN

WETENSCHAPPEN.

Afdeeling NATUURKUNDE.

TWEEDE REEKS.

Vijfde Deel. — Derde Stuk.



AMSTERDAM,
C. G. VAN DER POST.
1871.

SUR LE MOUVEMENT DE L'OEIL,

PAR

G. F. W. BAEHR,

communiqué dans la Séance de l'Acad.-Royale d'Amsterdam du 24 Déc. 1870.

Le globe oculaire, contenu dans l'orbite, et empêché de faire des mouvements de translation quand la tête reste immobile, peut seulement se mouvoir comme un corps solide qui tourne autour d'un point fixe *). Par ce mouvement de rotation la ligne de regard, qui coïncide à peu près avec l'axe optique de l'oeil, peut parcourir, du moins entre certaines limites, une surface conique quelconque, dont le sommêt est au centre de rotation. Mais il laisse indéterminée la position que prend à chaque instant le globe oculaire, qui pourrait tourner arbitrairement autour de la ligne de regard, tandis que celle-ci se déplace sur cette surface. Or suivant une première loi, énoncée par DONDERS, cette position, indépendante de la volonté de l'observateur, dépend uniquement, pour certaine position de la tête, de la direction de la ligne de regard, quel que soit le chemin qu'ait parcouru cette ligne avant d'arriver dans la direction considérée.

Cette loi est constatée en formant l'image persistante d'une droite, tracée sur un plan placé au-devant de l'oeil. Quand la tête reste immobile, et qu'on donne au regard une autre direction, cette image, projetée sur une autre partie du plan, prend toujours la même position, de quelle manière qu'on ait amené le regard dans sa nouvelle direction. Il s'en suit que le plan

*) Voir H. HELMHOLTZ, *Handbuch der Physiologische Optik*, pag. 457 et suiv., § 27: Die Augenbewegungen.

fixe dans l'oeil, qui passe par le centre de rotation et l'image persistante, et avec lui le globe oculaire, reprend toujours la même position.

Une seconde loi, celle de LISTING, détermine entièrement cette position. Suivant elle la position du globe oculaire, pour une direction quelconque de la ligne de regard, est la même que celle que prendrait ce globe, en partant de certaine position *normale* ou *primaire*, pour venir immédiatement dans sa nouvelle position, par une rotation unique autour d'un axe fixe, perpendiculaire à la ligne regard dans sa direction primaire et dans sa nouvelle direction.

Pour définir cette position primaire, d'après les faits constatés par les expériences, supposons qu'au devant de l'oeil o, fig. I soit placé un plan PQ parallèle à la droite $o\,o'$, qui joint les centres de rotation des deux yeux, de sorte que le plan médian, qui passe perpendiculairement par le milieu de $o\,o'$ et divise la tête en deux parties symétriques, soit perpendiculaire à PQ. Alors, donnant à la tête une position convenable, sans que la droite $o\,o'$ et le plan médian se déplacent, et la retenant immobile dans cette position, parmi toutes les parallèles à $o\,o'$ sur PQ, on en trouvera seulement une, $a\,b$, dont l'image persistante se déplace :

1° parallèlement à elle même, de $a\,b$ en $a'\,b'$, quand l'extrémité x de la ligne de regard $o\,x$ se meut dans la direction $c\,d$ perpendiculaire à $a\,b$, et

2° dans sa propre direction, de $a\,b$ en $\alpha\beta$, quand le regard se meut dans cette direction $a\,b\,\alpha\,\beta$.

Le plan $a\,o\,b$, qui pendant l'expérience reste invariable dans l'oeil, étant venu dans la position $a'\,o\,b'$, il faut que le globe oculaire ait tourné autour de l'intersection $o\,o'$ de ces deux positions successives du même plan. La ligne $o\,x$ décrit alors autour de $o\,o'$ un cône droit, dont $x\,o\,o'$ est le demi-angle au sommêt ; mais l'intersection de ce cône avec le plan PQ étant une droite $c\,d$, il faut que ce cône se réduise à un plan, et par conséquent que $x\,o\,o'$ soit un angle droit. Donc, le plan $d\,o\,c$, qui contient la direction particulière $o\,x$ de la ligne de regard, sera perpendiculaire à $a\,b$, et par suite à PQ.

De ce que l'image de $a\,b$ se déplace suivant sa longueur, quand le point x se meut dans la direction $a\,b$, on peut seulement

conclure que l'oeil tourne autour d'un axe fixe *of*, perpendiculaire au plan *a o b*, et rencontrant P Q dans un point *f* de *cd*. Dans ce cas le prolongement de l'image persistante de *c d* passerait toujours par le point *f*, quand *x* se meut suivant *a b*. Mais l'expérience montre que cette image se déplace parallèlement à elle même, de *cd* en *c' d'*, quand celle de *ab* se déplace suivant *ab*; il faut donc que le plan *d c o f* tourne autour de la parallèle *oz* à *c d*, et que les deux lignes *o f* et *o z* se confondent, c'est-à-dire, que le plan *a o b* soit perpendiculaire à *o z*, et par suite à P Q.

La direction *o x*, perpendiculaire à P Q, ainsi trouvée, est la *direction primaire* de la ligne de regard, et la position correspondante du globe oculaire la *position primaire* de ce globe. Ainsi on trouvera la position du globe oculaire, quand la ligne de regard est arrêtée dans une direction quelconque *o ξ*, quel que soit le chemin qu'elle ait parcouru tandis que la tête reste immobile, en ramenant ce globe à sa position primaire, et le faisant ensuite tourner autour d'un axe fixe *o* A, perpendiculaire au plan *x o ξ*, jusqu' à ce que *o x* soit venue dans la direction *o ξ*.

Pour vérifier la loi de LISTING on forme, l'oeil étant dans sa position primaire, des images persistantes linéaires, *a b* et *c d*, et l'on dirige le regard sur un autre point du plan P Q. Les directions des images projetées feront alors connaitre les positions des plans *a o b* et *d o c*, qui sont fixes dans l'oeil mais mobiles avec lui autour du point *o*, et par suite aussi la position du globe oculaire.

Le premier de ces plans, *a o b*, qui passe par la droite *o o'* des centres de rotation des deux yeux et la direction primaire *ox* de la ligne de regard, est appelé par HELMHOLTZ *„l'horizon rétinien;"* le second, qui est perpendiculaire à *o o'* et qui passe par le centre de rotation *o*, *„le méridien primaire."* Le plan *o' o ξ*, qui passe à chaque instant par la droite fixe dans l'espace *o o'* et la direction variable de la ligne de regard *o ξ*, est appelé *„le plan de regard."*

Quand l'extrémité de la ligne de regard se meut sur PQ, soit dans la direction *cd*, soit dans la direction *a b*, l'horizon rétinien et le plan de regard continuent à coïncider. Dans le

19*

premier cas la trace du méridien primaire sur le plan PQ reste invariable; dans le second, elle se déplace parallèlement à elle même, et le plan du méridien primaire reste perpendiculaire au plan de regard.

Ceci n'a plus lieu quand le regard est dirigé sur un point de PQ en dehors des directions de *ab* ou *cd*. Désignant par „en haut'' la direction qui va du centre de rotation au sommêt de la tête, et supposant que *oz* soit cette direction, les expériences font voir, fig. 2:

1° que si le regard est dirigé à droite et en haut, sur le point ξ, l'image persistante de *ab* se projète suivant $a'b'$, celle de *cd* suivant $c'd'$. L'horizon rétinien parait donc dévié négativement, de droite à gauche; le méridien primaire en sens contraire, positivement ou de gauche à droite.

Pour les deux plans les déviations sont les mêmes lorsque le regard est dirigé à gauche et en bas, sur le point $\xi_{,}$.

2° que si le regard est dirigé à gauche et en haut, sur le point $\xi_{,,}$, l'horizon rétinien $a''b''$ est dévié positivement, le méridien primaire $c''d''$ en sens contraire.

Les déviations sont les mêmes lorsque le regard est dirigé à droite et en bas, sur le point $\xi_{,,,}$.

De plus on a mesuré les angles de déviation, ou les angles entre les directions des images déplacées et des lignes parallèles à leurs directions primaires, et l'accord des résultats avec les formules, entre les limites des erreurs de l'observation, a confirmé l'hypothèse ou la loi de LISTING.

Soit, pour trouver les formules pour les déviations suivant l'hypothèse citée, fig. 3, le centre de rotation *o*, quand l'oeil est dans sa position primaire, l'origine de trois axes rectangulaires *ox*, *oy*, *oz*, fixes par rapport à la tête; *ox* la direction primaire de la ligne de regard, *oy* la droite passant par les centres de rotation des deux yeux, et *oz* dirigé vers le sommêt de la tête. Soit aussi *o* l'origine de trois axes rectangulaires $o\xi$, $o\eta$, $o\zeta$, invariables dans l'oeil, mais mobiles avec lui autour du point *o*, et qui coïncident avec les axes fixes quand l'oeil est dans sa position primaire; de sorte que $o\xi$ est la ligne de regard, et que $o\eta$ et $o\zeta$ sont les droites dans l'oeil, qui primairement se confondaient avec les axes fixes *oy* et *oz*. Les plans

$\xi\eta$ et $\xi\zeta$ sont les positions variables dans l'espace de l'horizon rétinien et du méridien primaire, fixes dans l'oeil.

Il est évident que l'on peut d'une infinité de manières amener la ligne de regard de la direction ox dans la direction $o\xi$, tandis que les directions des axes $o\eta$ et $o\zeta$ restent indéterminées dans un plan perpendiculaire à $o\xi$. Par une rotation unique ox viendra sur $o\xi$ si l'on fait tourner l'oeil, ou le système des axes $o\xi$, $o\eta$, $o\zeta$, autour d'une droite quelconque menée par o dans le plan passant par la bissectrice de l'angle $xo\xi$ perpendiculairement au plan $xo\xi$. L'angle de rotation sera un minimum si, suivant la loi de LISTING, on prend pour axe de rotation la perpendiculaire au plan $xo\xi$, et qui par conséquent est située dans le plan fixe yz.

Soit oA cet axe; l'angle qu'il fait avec oz, $zoA = \theta$; l'angle $xo\xi = \gamma$, et o le centre d'une sphère qui passe par A. Prenant sur le grand cercle par A, et qui dans le sens de la rotation fait un angle φ avec le grand cercle Azy,

$$A\zeta = \theta,\quad A\eta = \theta + \tfrac{1}{2}\pi,$$

les droites $o\zeta$, $o\eta$, et la perpendiculaire $o\xi$ au plan $A\zeta\eta o$, seront les directions des axes mobiles après une rotation φ du système $\xi\eta\zeta$ autour de Ao.

Si du point ζ comme pôle on décrit le grand cercle ηH, oH sera l'intersection de l'horizon rétinien avec le plan yz, et le point H tombera nécessairement entre A et y, parce que dans le triangle $A\zeta H$ on doit avoir

$$AH < A\zeta + \zeta H,\ \text{ou}\ AH < \theta + \tfrac{1}{2}\pi,$$

donc

$$AH < Ay.$$

Pareillement, si du point η comme pôle on décrit le grand cercle ζM, oM sera l'intersection du méridien primaire $\zeta\xi$ avec le plan yz, et le point M sera plus éloigné de A que le point z, parce que dans le triangle ηMA on doit avoir,

$$\eta M + MA > \eta A,\ \text{ou}\ \tfrac{1}{2}\pi + MA > \tfrac{1}{2}\pi + \theta,$$

donc

$$MA > Az.$$

On obtient les intersections de l'horizon rétinien et du méridien primaire avec le plan PQ, placé au-devant de l'oeil perpendiculairement à la direction primaire de la ligne de regard, laquelle dans sa nouvelle direction rencontre ce plan au point ξ, en menant par ξ les lignes $\xi b'$ et $\xi d'$ parallèles à oH et oM. Vus du point o, le premier $\xi b'$ est dévié de droite à gauche, le second en sens contraire, de gauche à droite, ce qui s'accorde avec les expériences, fig. 2 au point ξ.

Dans la figure on a supposé que le regard était dirigé à droite et en haut; quand il est dirigé à gauche et en haut, l'axe de rotation Ao tombe de l'autre côté de oz, entre oz et oy, de sorte que la figure pour ce cas serait symétrique par rapport au plan xz avec la figure 3, et les intersections des plans de l'oeil avec le plan PQ symétriques par rapport à xP avec $\xi b'$ et $\xi d'$. Ceci s'accorde de même avec les expériences, fig. 2, au point $\xi_{,}$ où $a''b''$ et $c''d''$ sont symétriques par rapport à xP avec $a'b'$ et $c'd'$.

Si le regard est dirigé en bas, le prolongement de Ao sera l'axe de rotation, dont le sens positif est de gauche à droite. Par suite, les figures pour ces cas seront placées par rapport à ox et les prolongements de oy et de oz de la même manière que les figures, pour les cas où le regard est dirigé en haut, sont placées par rapport à ox, oy et oz. On voit en effêt, dans la figure 2, que les déviations aux points $\xi_,$ et $\xi_{,,,}$ sont, par rapport aux directions xy' et xz', dans le même sens que les déviations aux points ξ et $\xi_{,,}$ par rapport à xy et xz.

Si du point y fig. 3, comme pôle on décrit le grand cercle zm, la droite om du plan $\eta\zeta$ sera perpendiculaire à $o\xi$ et oy, et par conséquent au plan de regard ξoy, de sorte que l'angle ζom, entre les droites $o\zeta$ et om est égal à l'angle entre les plans $\xi o\eta$ et ξoy, perpendiculaires à ces droites. Les triangles Amz et $AM\zeta$, rectangles en z et ζ, ont l'angle A de commun et $Az = A\zeta$, donc $Am = AM$, et par conséquent $Am - A\zeta = AM - Az$, ou

$$m\zeta = Mz.$$

De la même manière, si du point z comme pôle on décrit le grand cercle yho', la droite oh du plan $\eta\zeta$ sera perpendi-

culaire à $o\xi$ et oz, et par conséquent au plan $\xi o z$, qui coupe PQ suivant ξe parallèle à xP, de sorte que l'angle $\eta o h$ entre les droites $o\eta$ et oh est égal à l'angle entre les plans $\xi o \zeta$ et $\xi o z$, perpendiculaires à ces droites.

Les triangles $AH\eta$ et Ahy ont l'angle A de commun, et $A\eta = Ay$, donc $AH = Ah$, et parconséquent, parce que $Ay = A\eta$,

$$yH = \eta h.$$

On trouve donc la propriété remarquable, que *la déviation du méridien primaire, l'angle zoM ou $e\xi d'$, est égal à l'angle $\zeta o m$ entre l'horizon rétinien et le plan de regard*, et réciproquement, que *la déviation de l'horizon rétinien, l'angle yoH ou $b\xi b'$, est égal à l'angle $\eta o h$ entre le méridien primaire et le plan $zo\xi e$.*

On peut montrer que les rotations composantes de l'horizon rétinien et du méridien primaire autour de la ligne de regard $o\xi$ sont égaux et dans le même sens, quoique leurs déviations sur le plan PQ soient inégaux et en sens contraires. Soit oP la projection de $o\xi$ sur le plan xz, ou l'intersection de ce plan avec le plan de regard $yo\xi$, et faisons tourner le système $\xi\eta\zeta$ de sa position primaire autour de oy, jusqu'à ce que la ligne de regard de sa direction primaire ox vienne sur oP, alors $o\zeta$, qui primairement était sur oz, tombera sur om, tandis que $o\eta$ coïncide encore avec oy. Si ensuite on fait tourner le système autour de om, jusqu'à ce que oP vienne sur $o\xi$, $o\eta$ viendra dans la direction $o\eta'$, tel que l'arc $m\eta'$ soit un quart de cercle, et $\eta\eta' = m\eta' - m\eta = \zeta\eta - m\eta = m\zeta$. La ligne de regard est maintenant dans la nouvelle direction $o\xi$, mais la position de l'oeil, ou du système $\xi\eta\zeta$, ne satisfait pas encore à la loi de LISTING. Il faudra lui donner encore une rotation autour de $o\xi$, tellement que $o\eta'$ vienne sur $o\eta$, mais alors om viendra en même temps sur $o\zeta$. Les rotations de l'horizon rétinien $\xi o\eta$ et du méridien primaire $\xi o m$ autour de la ligne de regard $o\xi$ sont donc égales et de même sens, et positives ou de gauche à droite si on les regarde de ξ vers o. On peut encore remarquer que l'intersection du plan $mo\xi$ avec PQ tombe entre ξb et $\xi d'$, de sorte que par rapport à cette ligne la déviation

du méridien primaire est de même sens que la déviation de l'horizon rétinien par rapport à ξb.

Soit k l'angle entre l'horizon rétinien et le plan de regard, et k_1 celui entre le méridien primaire et le plan $z o \xi$, ou fig. 3 :

$$m o \zeta = M o z = d' \xi e = k,$$

$$\eta o h = y o H = b' \xi b = k_1;$$

on aura : 1° dans le triangle $A z m$ rectangle en z,

$$\cos A = \text{tang}\, A z \cot A m\,,$$

d'où

$$\text{tang}\, A m = \frac{\text{tang}\, \theta}{\cos \varphi},$$

et par conséquent

$$\text{tang}\, k = \text{tang}\, (A m - \theta) = \frac{\sin \theta \cos \theta\, (1 - \cos \varphi)}{\sin^2 \theta + \cos^2 \theta \cos \varphi};$$

2° dans le triangle $A y h$ rectangle en y,

$$\cos A = \text{tang}\, A y \cot A h\,,$$

d'où

$$\text{tang}\, A h = \frac{-\cot \theta}{\cos \varphi},$$

et par conséquent

$$\text{tang}\, k_1 = \text{tang}\, (\tfrac{1}{2}\pi + \theta - A h) = \frac{\sin \theta \cos \theta\, (1 - \cos\varphi)}{\sin^2 \theta \cos \varphi + \cos^2 \theta}.$$

Si la direction de la ligne de regard est donnée par *l'angle ascensionnel* du regard, ou l'angle $x o P$ que sa projection sur le plan $x o z$, parallèle au plan médian et passant par le centre de rotation o, fait avec sa direction primaire $o x$, et par *l'angle de déplacement latéral* ou l'angle $\xi o P$ qu'elle fait avec sa projection, et posant

$$x o P = \lambda, \quad \xi o P = \mu,$$

on a dans la figure 3 :

$$\xi f = Px = ox \, tang\, \lambda,$$

$$xf = P\xi = oP \, tang\, \mu = ox \frac{tang\, \mu}{cos\, \lambda},$$

$$o\xi = \frac{oP}{cos\, \mu} = \frac{ox}{cos\, \lambda \, cos\, \mu};$$

donc

$$tang\, \theta = \frac{\xi f}{xf} = sin\, \lambda \, cot\, \mu, \quad cos\, \varphi = \frac{ox}{o\xi} = cos\, \lambda \, cos\, \mu,$$

de sorte que l'on trouve, après réduction :

$$tang\, k = \frac{sin\, \lambda \, sin\, \mu}{cos\, \lambda + cos\, \mu},$$

$$tang\, k_1 = \frac{sin\, \lambda \, sin\, \mu \, cos\, \mu}{(cos\, \lambda + cos\, \mu)\, cos\, \lambda + sin^2 \lambda \, sin^2 \mu}.$$

Si la direction de $o\xi$ est donnée par *la longitude*, $xof = l$, où l'angle que sa projection sur le plan xy fait avec l'axe ox, et *la latitude*, $fo\xi = m$, ou l'angle qu'elle fait avec sa projection, on a :

$$xf = ox \, tang\, l,$$

$$\xi f = of \, tang\, m = ox \frac{tg\, m}{cos\, l},$$

$$o\xi = \frac{of}{cos\, m} = \frac{ox}{cos\, l \, cos\, m};$$

d'où,

$$tang\, \theta = \frac{tang\, m}{sin\, l}, \quad cos\, \varphi = cos\, l \, cos\, m$$

et, par conséquent

$$tang\, k = \frac{sin\, l \, sin\, m \, cos\, m}{(cos\, l + cos\, m)\, cos\, m + sin^2 l \, sin^2 m},$$

$$tang\, k_1 = \frac{sin\, l \, sin\, m}{cos\, l + cos\, m}.$$

Par la méthode de la géométrie descriptive on peut aisément

construire sur le plan PQ les déviations pour une direction donnée de la ligne de regard.

Soient, fig. 4, le plan PQ et le plan xy les plans de projection; o le centre de rotation et ξ le point donné où $o\xi$ rencontre PQ.

Alors, ξf étant perpendiculaire à l'axe de projection xQ, $x\xi$ et of sont les projections de $o\xi$, et $\xi x o$ est le plan qui contient la direction primaire ox et la nouvelle direction $o\xi$ de la ligne de regard. Suivant la loi de LISTING l'axe de rotation doit être perpendiculaire à ce plan; donc oA' et xA perpendiculaires aux traces ox et $x\xi$ seront les projections de cet axe, et $nxh = \frac{1}{2}\pi - \theta$, $nxz = \theta$, les angles qu'il fait avec les axes $-oy$ et oz. Menant oh perpendiculaire à of, et hi perpendiculaire à $x\xi$ ou parallèle a xA, le plan ohi, perpendiculaire à $(of,\ x\xi)$, contiendra les axes $o\zeta$ et $o\eta$ après la rotation qui amène ox sur $o\xi$, et ces axes rencontreront PQ en des points de la trace hi. Il s'agit donc de mener dans le plan ohi, par le point $(o,\ x)$, deux droites, dont l'une fait à gauche un angle égal à nxh, et l'autre à droite un angle égal nxz, avec la droite $(oA',\ xA)$ dans ce plan. A cet effet on rabat iho autour de ih sur PQ; en menant iq perpendiculaire à la trace ih, et prenant $pn = ox$, puis $iq = in$, la droite $(oA',\ xA)$ viendra sur qr parallèle à ih, et le point $(o,\ x)$ en r, de sorte que les parallèles rs et rs' à xh et xo, sont les directions rabattues des axes $o\eta$ et $o\zeta$ après la rotation. Ainsi, $o\eta$ et $o\zeta$ rencontrent PQ aux points s et s', et par conséquent, $s\xi b'$ est la trace de l'horizon rétinien, $s'\xi d'$ celle du méridien primaire sur PQ; le premier est dévié de droite à gauche, le second en sens contraire, et, d'après ce qui précède, on aura $b\xi b' = k_1$, et $e\xi d' = k$.

Par la comparaison des figures 3 et 4, on verra que, posant $ox = 1$, on a $\xi f = tang\,\lambda$, $xf = sec\,\lambda\, tang\,\mu$; donc, si $\xi xf = \alpha$, $tang\,\alpha = sin\,\lambda\, cot\,\mu$, et calculant successivement: $xh = \frac{ox^2}{xf} = \frac{1}{xf}$, $ip = xh cos\,\alpha$, $in = \sqrt{(ip^2 + ox^2)}$, $xr = in - ip$, $st = ru = xr sin\,\alpha$, on trouvera:

$$\xi f - st = \frac{sin\,\lambda}{(1 + cos\lambda\, cos\,\mu)\, cos\,\lambda};$$

ensuite, $th = st \, tang \, \alpha$ et $tf = th + hx + xf$, étant exprimées en λ et μ, on obtiendra, par la substitution de leurs valeurs dans

$$tang \, \xi s r = \frac{\xi f - s t}{tf} = tang \, b' \xi b,$$

la même formule que celle trouvée précédemment pour $tang \, k_1$.

Pareillement, on trouvera :

$$uf = xf - xr \cos \alpha = \frac{\sin \mu}{(1 + \cos \lambda \cos \mu) \cos \lambda \cos \mu},$$

$$us' + \xi f = hu \cot \alpha + \xi f = \frac{\cos \lambda + \cos \mu}{(1 + \cos \lambda \cos \mu) \sin \lambda \cos \lambda \cos \mu},$$

ce qui donnera, par la substitution dans

$$tang \, \xi s' u = \frac{uf}{us' + \xi f} = tang \, e \xi d',$$

la même formule que celle trouvée précédemment pour $tang \, k$.

Dans la figure 4, les projections des axes $o\xi$, $o\eta$ et $o\zeta$ sur PQ sont $x\xi$, xs, et le prolongement de $s'x$, tandis que of, ot, ou sont les projections de ces axes sur le plan xy.

Pour montrer que la position du globe oculaire, ou du système $\xi \eta \zeta$, ne peut satisfaire aux formules pour les déviations, et par conséquent, parce que ces formules ont été confirmées par les expériences, à la loi de LISTING, qu'en tournant de sa position primaire autour d'un axe situé dans le plan yz, supposons que l'on donne à ce système une rotation q, autour d'un axe oz', fig. 5, qui fait des angles α, β et γ avec ox, oy et oz, et cherchons les directions que prendront alors les axes $o\xi$, $o\eta$, $o\zeta$.

Prenons, avant d'effectuer la rotation, pour nouveaux axes de coordonnées la droite oz', la perpendiculaire ox' à oz' dans le plan zoz', et la perpendiculaire oy' au plan zoz'. Soit oA la trace de zoz' sur xy, et joignons par des arcs de grands cercles les points où les droites dans la figure rencontrent une surface sphérique dont le centre est en o.

Les triangles CAB et CAD rectangles en A, donneront :

$$\cos AB = \frac{\cos\alpha}{\sin\gamma},\quad \cos AD = \frac{\cos\beta}{\sin\gamma};$$

on aura donc, pour les angles d, e, f, que ox' fait avec les axes primitifs :

$$\cos d = \cos AB \cos AE = \cos\alpha \cot\gamma,$$

$$\cos e = \cos AD \cos AE = \cos\beta \cot\gamma,$$

$$\cos f = \cos(\tfrac{1}{2}\pi + \gamma) = -\sin\gamma;$$

pour les angles d', e', f' que oy', qui est dans le plan xy, fait avec ces axes :

$$\cos d' = \cos(\pi - AD) = -\frac{\cos\beta}{\sin\gamma},$$

$$\cos e' = \cos AB = \frac{\cos\alpha}{\sin\gamma},$$

$$\cos f' = o;$$

et pour les angles d'', e'', f'' que oz' fait avec ces axes :

$$\cos d'' = \cos\alpha,\quad \cos e'' = \cos\beta,\quad \cos f'' = \cos\gamma.$$

Par conséquent, les coordonnées d'un point $x = \xi$, $y = \eta$, $z = \zeta$, seront par rapport aux nouveaux axes :

$$x' = \xi\cos d + \eta\cos e + \zeta\cos f,$$

$$y' = \xi\cos d' + \eta\cos e' + \zeta\cos f',$$

$$z' = \xi\cos d'' + \eta\cos\alpha'' + \zeta\cos f'';$$

après une rotation φ autour de oz', les coordonnées d'un point, lesquelles étaient x', y', z' dans le système $x'y'z'$ deviennent dans le même système :

$$x'' = x'\cos\varphi - y'\sin\varphi,$$

$$y'' = x'\sin\varphi + y'\cos\varphi,$$

$$z'' = z';$$

par suite elles sont par rapport au système primitif xyz:

$$x = x'' \cos d + y'' \cos d' + z'' \cos d'',$$
$$y = x'' \cos e + y'' \cos e' + z'' \cos e'',$$
$$z = x'' \cos f + y'' \cos f' + z'' \cos f''.$$

Si l'on substitue pour x'', y'', z'', leurs valeurs en x', y', z', et pour celles-ci leurs valeurs en ξ, η, ζ, les dernières formules deviendront

$$x = a\xi + a'\eta + a''\zeta,$$
$$y = b\xi + b'\eta + b''\zeta,$$
$$z = c\xi + c'\eta + c''\zeta,$$

dans lesquelles :

$$a = \sin^2 \alpha \cos \varphi + \cos^2 \alpha, \qquad a' = \cos\alpha\cos\beta(1 - \cos\varphi) - \cos\gamma\sin\varphi,$$
$$b = \cos\alpha\cos\beta(1 - \cos\varphi) + \cos\gamma\sin\varphi, \quad b' = \sin^2 \beta \cos \varphi + \cos^2 \beta,$$
$$c = \cos\alpha\cos\gamma(1 - \cos\varphi) - \cos\beta\sin\varphi; \quad c' = \cos\beta\cos\gamma(1 - \cos\varphi) + \cos\alpha\sin\varphi;$$
$$a'' = \cos\alpha \cos\gamma (1 - \cos\varphi) + \cos\beta \sin\varphi,$$
$$b'' = \cos\beta \cos\gamma (1 - \cos\varphi) - \cos\alpha \sin\varphi,$$
$$c'' = \sin^2 \gamma \cos\varphi + \cos^2 \gamma.$$

Mais après la rotation les coordonnées du point sont restées ξ, η, ζ, par rapport au système mobile, tandis qu'elles sont par rapport au système primitif les valeurs précédentes de x, y, z; il faut donc que les coëfficients de ξ, soient les cosinus des angles que l'axe $o\xi$ fait avec les axes des x, y et z, et ainsi des autres axes $o\eta$ et $o\zeta$.

Réciproquement un point qui dans l'espace a pour coordonnées x, y, z. aura pour coordonnées dans l'oeil, ou par rapport au système $\xi\eta\zeta$,

$$\xi = a\ x + b\ y + c\ z,$$
$$\eta = a'\ x + b'\ y + c'\ z,$$
$$\zeta = a''x + b''y + c''z.$$

Ainsi l'équation de l'horizon rétinien, dont l'équation dans l'oeil est

$$\zeta = o,$$

est par rapport aux axes fixes:

$$o = a'' x + b'' y + c'' z,$$

et celle de sa trace sur un plan PQ perpendiculaire à la direction primaire ox de la ligne de regard

$$b'' y + c'' z = const:$$

on a donc, pour l'angle k_1, entre cette trace et une parallèle à l'axe des y,

$$tang\, k_1, = -\frac{b''}{c''} = -\frac{cos\beta\, cos\, \gamma\, (1 - cos\, \varphi) - cos\, \alpha\, sin\, \varphi}{sin^2\, \gamma\, cos\, \varphi + cos^2\, \gamma}.$$

Si cette formule doit être identique avec celle trouvée précédemment, savoir

$$tang\, k_1 = \frac{sin\, \theta\, cos\, \theta\, (1 - cos\, \varphi)}{sin^2\, \theta\, cos\, \varphi + cos^2\, \theta},$$

et cela pour une valeur quelconque de φ, il faudra d'abord

$$cos\, \alpha = o,$$

c'est-à-dire, que *l'axe de rotation oz' soit situé dans le plan yz*, et ensuite $\gamma = \theta$ et $\beta = \theta + \frac{1}{2}\pi$ où $\gamma = \pi - \theta$ et $\beta = \frac{1}{2}\pi - \theta$.

Si l'on substitue les premières de ces valeurs dans les formules pour les cosinus, on obtient pour les cosinus des angles que chacun des axes $o\xi$, $o\eta$, $o\zeta$ fait avec les axes fixes, après une rotation φ suivant la loi de LISTING:

$$a = cos\, \varphi, \qquad a' = - cos\, \theta\, sin\, \varphi, \qquad a'' = - sin\, \theta\, sin\, \varphi,$$

$$b = cos\, \theta\, sin\, \varphi, \quad b' = cos^2\, \theta\, cos\, \varphi + sin^2\, \theta, \quad b'' = - sin\theta cos\theta (1 - cos\varphi),$$

$$c = sin\, \theta\, sin\, \varphi; \quad c' = - sin\theta\, cos\theta (1 - cos\varphi); \quad c'' = cos^2\, \theta + sin^2\, \theta\, cos\, \varphi;$$

ou, substituant pour θ et φ leurs valeurs trouvées plus haut en λ et μ,

$$a = \cos\lambda \cos\mu, \quad a' = -\sin\mu, \quad a'' = -\sin\lambda \cos\mu,$$

$$b = \sin\mu, \quad b' = \frac{(\cos\lambda + \cos\mu)\cos\mu}{1 + \cos\lambda\cos\mu}, \quad b'' = -\frac{\sin\lambda \sin\mu \cos\mu}{1 + \cos\lambda\cos\mu},$$

$$c = \sin\lambda\cos\mu; \quad c' = -\frac{\sin\lambda \sin\mu \cos\mu}{1 + \cos\lambda\cos\mu}; \quad c'' = \frac{(\cos\lambda + \cos\mu)\cos\lambda + \sin^2\lambda \sin^2\mu}{1 + \cos\lambda\cos\mu}.$$

A l'aide de ces formules on trouve facilement la déviation sur PQ d'une image persistante linéaire dont la direction primaire est quelconque. Soit ω l'angle que cette direction fait primairement avec la ligne xf sur PQ, ou l'angle entre l'horizon rétinien et le plan qui passe par cette direction et le centre de l'oeil, alors

$$\zeta = \eta \tang \omega,$$

ou

$$\eta \sin\omega - \zeta \cos\omega = 0$$

est l'équation de ce plan dans l'oeil, et par conséquent, après une rotation φ,

$$(a'x + b'y + c'z)\sin\omega - (a''x + b''y + c''z)\cos\omega = 0$$

son équation par rapport aux axes fixes, d'où l'on a, pour l'angle K, entre sa trace sur PQ, ou $x = const$, et l'axe des coordonnées xf,

$$\tang K_1 = -\frac{b'\sin\omega - b''\cos\omega}{c'\sin\omega - c''\cos\omega},$$

de sorte que l'on trouve pour sa déviation $K_1 - \omega$, ou l'angle entre la direction de l'image déplacée et sa direction primaire, par la formule

$$\tang(K_1 - \omega) = \frac{\tang K_1 - \tang\omega}{1 + \tang K_1 \tang\omega},$$

et substituant pour b', c', etc, les valeurs trouveés plus haut, après quelques réductions,

$$tang\,(K_1 - \omega) = \frac{sin\,(\theta - \omega)\,cos\,(\theta - \omega)\,(1 - cos\,\varphi)}{sin^2\,(\theta - \omega)\,cos\,\varphi + cos^2\,(\theta - \omega)}.$$

Cette formule, en y faisant $\omega = o$, s'accorde avec celle pour k_1, et montre que la déviation sera nulle lorsque $\theta = \omega$ ou $\theta = \omega + \frac{1}{2}\pi$, c'est-à-dire, lorsque l'axe de rotation est perpendiculaire au plan passant par le centre de l'oeil et l'image persistante, ou dans ce plan. Dans le premier cas l'image se déplace dans sa propre direction, dans le second parallèlement à elle même. La formule montre encore que les déviations pour différentes valeurs de ω seront égales si $\theta - \omega$ est constante, ou lorsque les axes de rotation font des angles égaux avec les différentes directions primaires de l'image persistante.

On peut encore au moyen des formules précédentes, et sans savoir comment se fait le mouvement continu de l oeil, trouver la courbe que l'extrémité de la ligne de regard doit parcourir sur le plan P Q, pour qu'une image linéaire persistante quelconque se déplace tangentiellement à cette courbe.

Son équation différentielle est:

$$\frac{dz}{dy} = tang\,K_1$$

où y et z sont les coordonnées xf et ξf, fig. 3, du point de regard ξ sur le plan P Q, dont la distance à l'origine est $o\,x = a$, de sorte que l'on aura:

$$y = xf = a\,tg\,\varphi\,cos\,\theta, \quad z = \xi f = a\,tang\,\varphi\,sin\,\theta\,,$$

d'où

$$cos\,\varphi = \frac{a}{\sqrt{(a^2 + y^2 + z^2)}}, \quad cos\,\theta = \frac{y}{\sqrt{(y^2 + z^2)}},$$

et, substituant ces valeurs dans la formule pour $tang\,K_1$,

$$\frac{dz}{dy} = -\frac{a\,y\,(z - y\,tang\,\omega) - z\,(y + z\,tang\,\omega)\sqrt{(a^2 + y^2 + z^2)}}{a\,z\,(z - y\,tang\,\omega) - y\,(y + z\,tang\,\omega)\sqrt{(a^2 + y^2 + z^2)}}.$$

Pour intégrer cette équation, on l'écrit sous la forme

$$(y+z\,tg\,\omega)(ydz-zdy)\sqrt{a^2+y^2+z^2}=-a(z-y\,tang\,\omega)(ydy+zdz),$$

et posant

$$z=y\,tang\,v,\quad a^2+y^2\,sec^2\,v=u^2,$$

d'où

$$y\,dz-z\,dy=y^2\,sec^2\,v\,dv,$$

elle devient

$$\frac{cos\,(\omega-v)}{sin\,(\omega-v)}dv=\frac{a\,du}{u^2-a^2},$$

dont l'intégrale est

$$\frac{-c}{a\,sin\,(\omega-v)}=\sqrt{\frac{u-a}{u+a}},$$

où c est une constante arbitraire.

On aura donc

$$-c\,(u+a)=a\,sin\,(\omega-v)\sqrt{u^2-a^2},$$

ou

$$a+\sqrt{a^2+y^2+z^2}=-\frac{a}{c}(y\,sin\,\omega-z\,cos\,\omega).$$

Remplaçant dans celle-ci

y par $y\,cos\,\omega-z\,sin\,\omega$,

z par $y\,sin\,\omega+z\,cos\,\omega$,

ce qui revient à faire tourner les axes des coordonnées d'un angle ω autour de l'axe ox, elle devient

$$a+\sqrt{a^2+y^2+z^2}=\frac{az}{c}\quad\ldots\ldots\ldots\quad(\alpha),$$

comme si l'on y eût posé $\omega=o$.

Pour les points ξ où la ligne de regard, et non son prolongement, rencontre PQ, le radical dans (α) doit être pris positivement; car pour ces points l'angle de rotation φ est moindre qu'un angle droit, et par conséquent, $\cos\varphi$, dont le signe est le même que celui de ce radical, positif. La constante c doit être prise positive ou négative selon que la courbe doit passer par un point du côté des z positifs ou negatifs, mais sa valeur absolue est moindre que a, parce que le premier membre de (α) a une valeur plus grande que z.

L'équation (α) se réduit à

$$c^2 y^2 - z^2 (a^2 - c^2) + 2\, a^2 c z = o,$$

ou

$$\frac{\left(z - \dfrac{a^2 c}{a^2 - c^2}\right)^2}{\dfrac{a^4 c^2}{(a^2 - c^2)^2}} - \frac{y^2}{\dfrac{a^4}{a^2 - c^2}} = 1,$$

laquelle, à cause de $c^2 < a^2$, représente une hyperbole qui passe par l'origine, et dont l'axe réel est l'axe des z.

On obtiendrait les points de la branche qui passe par l'origine en prenant dans (α) le radical négativement, parce qu'il faut que pour cette branche le premier membre puisse devenir zéro; elle contient donc les points de regard pour lesquels $\cos\varphi$ serait négatif, ou les points où le prolongement de la ligne de regard rencontrerait PQ, si l'oeil tournerait de plus d'un angle droit suivant la loi de LISTING.

Si dans (α), avec le radical positif, on devait avoir $z = o$ pour $y = o$, la constante serait zéro, et l'équation se réduirait à $z = o$, qui représente l'axe des y, ou une hyperbole, dont l'axe réel est zéro.

L'équation (α), avec le radical pris positivement, représente donc toutes les branches d'hyperboles, suivant lesquelles peuvent se déplacer tangentiellement des images persistantes linéaires quelconques. Il suit, du changement des coordonnées qui a été introduit plus haut, que l'on obtiendra le système de ces courbes pour une valeur arbitraire de ω, en faisant tourner d'un angle ω le système de ces courbes pour $\omega = o$. Ce dernier est

représenté fig. 6, où AB, $A'B'$.... représentent des branches d'hyperboles dont les autres branches passent toutes par le point de regard primaire x.

Désignant par X, Y, Z, des coordonnées courantes, parallèles aux axes fixes dont l'origine est en o, et par y et z les coordonnées du point de regard sur P Q, les équations de la ligne de regard sont :

$$\frac{X}{a} = \frac{Y}{y} = \frac{Z}{z},$$

et l'on obtiendra la surface conique, que décrit cette ligne quand son extrémité parcourt la courbe (α), en éliminant y et z entre ces équations et celle de la courbe, ce qui donne le cône

$$X + \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} = \frac{aZ}{c},$$

lequel est circulaire droit, parce que son intersection avec la sphère

$$X^2 + Y^2 + Z^2 = r^2$$

est le plan

$$c(X + r) - aZ = o,$$

qui est perpendiculaire au plan xz, et passe par le point $-r, o, o$. Ce point est situé au fond de l'oeil, où la ligne de regard perce le globe oculaire, quand on considère celui-ci comme une sphère de rayon r, décrite autour du centre de rotation. Il est appelé par HELMHOLTZ „*point occipital*," la surface de la sphère „*champ de regard sphérique*, et les cercles de cette surface passant par le point occipital : „*cercles de direction*."

La courbe (α) est donc une des branches de l'hyperbole, suivant laquelle le plan P Q coupe le cône circulaire droit décrit par la ligne de regard. Pendant que le point de regard se déplace sur cette courbe, le plan passant par le centre de l'oeil et l'image persistante, ou par le sommêt du cône et la tangente à la directrice, reste constamment tangente à ce cône. Par conséquent ce plan, et avec lui le globe oculaire, dans

lequel il est fixe, tourne alors autour de l'axe fixe du cône. Ce cas particulier du mouvement continu de l'oeil, pendant lequel l'extrémité de la ligne de regard parcourt sur le champ de regard sphérique un cercle de direction quelconque, doit donc convenir avec la loi de LISTING.

Pour construire la courbe quand pour $y = o$, fig. 7, on connait $z = xE$, on prend sur la perpendiculaire xC à xE, $xO = a$ la distance du centre de l'oeil au plan PQ. Alors OE et OC sont les deux génératrices du cône dans le plan perpendiculaire a PQ, et rabattues sur le plan de construction; de sorte que xE est l'axe réel, et le point de contact F, du cercle inscrit à $COEZ$ avec EZ, un des foyers de l'hyperbole.

Si un point ξ de la courbe est donné, on trouve, d'après la construction de la fig. 4, la direction de la tangente $b'\xi B$ dans ce point. Désignant par α et γ les axes de l'hyperbole, son équation est

$$z + \gamma = \frac{\gamma}{\beta}\sqrt{\beta^2 + y^2},$$

d'où l'on trouve pour la soustangente PB:

$$PB = \frac{z^2 - 2z\gamma}{z - \gamma},$$

et par suite

$$\gamma = \frac{z(z - PB)}{2z - PB};$$

donc, si O' est le centre cherché, et faisant $xP' = xP = z$,

$$xO' = \frac{xP \times xB}{P'B}$$

et

$$BO' = Bx - xO' = \frac{Bx^2}{P'B};$$

par conséquent, décrivant sur $P'B$ un demi-cercle, et prenant

la corde $BD = B x$, la perpendiculaire abaissée de D sur $P' B$ donnera le centre, et la direction de l'axe imaginaire.

La soustangente GH étant

$$GH = \frac{\beta^2 + y^2}{y},$$

on a

$$O' H = GH - y = \frac{\beta^2}{y}$$

et l'axe imaginaire sera donc

$$\beta = \sqrt{O' H \times O' G}.$$

Recherchons maintenant comment se fait, suivant la loi de LISTING, le mouvement continu de l'oeil. Soient, à un instant quelconque, λ l'angle ascensionnel, μ l'angle de déplacement latéral de la ligne de regard, et k l'angle entre le plan de regard et l'horizon rétinien. Ces grandeurs s'augmenteront dans l'instant suivant des quantités infiniment petites $d\lambda$, $d\mu$ et dk, dont la dernière dépend des deux premières en vertu de la formule

$$tang\, k = \frac{sin\, \lambda\, sin\, \mu}{cos\, \lambda + cos\, \mu},$$

d'où

$$dk = \frac{sin\, \mu\, d\lambda + sin\, \lambda\, d\mu}{1 + cos\, \lambda\, cos\, \mu}.$$

Il est clair, fig. 8, que la ligne de regard viendra de $o\xi$ dans sa direction successive, si l'on donne au globe oculaire, ou le système $\xi\eta\zeta$, d'abord une rotation positive, $+d\mu$, — de gauche à droite, si on la regarde de l'extrémité m de son axe — autour de la perpendiculaire om au plan de regard, ce qui ne change pas λ, tandis que μ devient $\mu + d\mu$; et puis, une rotation $-d\lambda$ autour de la droite qui coïncide avec l'axe oy, ce qui change λ en $\lambda + d\lambda$. Après ces rotations l'angle entre le

plan de regard et l'horizon rétinien est resté k, de sorte que la position de l'oeil ne satisfait pas encore à la loi de LISTING, et qu'il faudra lui donner encore une rotation $+dk$, autour de $o\xi$. Remarquant que les rotations sont infiniment petites, on peut décomposer dk en deux autres, $dk\cos\mu$ autour de oP, et $dk\sin\mu$ autour de oy.

Le globe oculaire viendra donc d'une position dans la position successive par trois rotations infiniment petites autour d'axes, dont les cosinus des angles, qu'ils font avec les axes fixes, sont comme il est indiqué dans les colonnes du tableau ci-dessoûs:

	$dk\cos\mu$	$-d\lambda+dk\sin\mu$	$d\mu$
ox	$\cos\lambda$	o	$-\sin\lambda$
oy	o	1	o
oz	$\sin\lambda$	o	$\cos\lambda$;

par conséquent, si l'on réduit ces rotations à trois rotations p, q, r, autour des droites de l'oeil qui à chaque instant se confondent avec les axes fixes ox, oy, oz, on aura:

$$p=\cos\lambda\cos\mu\, dk-\sin\lambda\, d\mu,$$
$$q=-d\lambda+\sin\mu\, dk,$$
$$r=\sin\lambda\cos\mu\, dk+\cos\lambda\, d\mu,$$

ou, substituant pour dk sa valeur en $d\lambda$ et $d\mu$,

$$p=\frac{\cos\lambda\sin\mu\cos\mu\, d\lambda-\sin\lambda\, d\mu}{1+\cos\lambda\cos\mu}$$

$$q=-\frac{(\cos\lambda+\cos\mu)\cos\mu\, d\lambda-\sin\lambda\sin\mu\, d\mu}{1+\cos\lambda\cos\mu}$$

$$r=\frac{\sin\lambda\sin\mu\cos\mu\, d\lambda+(\cos\lambda+\cos\mu)\, d\mu}{1+\cos\lambda\cos\mu}.$$

Les cosinus des angles entre om, ou l'axe de la rotation $d\mu$, et les axes fixes sont

$$-\sin\lambda,\quad o,\quad \cos\lambda;$$

calculant avec ces valeurs, et celles données plus haut pour les cosinus des angles entre chacun des axes $o\xi$, $o\eta$, $o\zeta$ et les axes fixes, les cosinus des angles entre om et les axes $o\xi$, $o\eta$, $o\zeta$, et se rappelant que l'axe de la rotation $-d\lambda$ est oy, celui de dk l'axe $o\xi$, on verra que les rotations $d\mu$, $-d\lambda$ et dk ont lieu autour d'axes, dont les cosinus des angles qu'ils font avec les axes mobiles sont comme il est indiqué dans les colonnes ci-dessoûs :

	$d\mu$	$-d\lambda$	dk
$o\xi$	o ,	$\sin\mu$,	1,
$o\eta$	$\dfrac{\sin\lambda\sin\mu}{1+\cos\lambda\cos\mu}$,	$\dfrac{(\cos\lambda+\cos\mu)\cos\mu}{1+\cos\lambda\cos\mu}$,	o,
$o\zeta$	$\dfrac{\cos\lambda+\cos\mu}{1+\cos\lambda\cos\mu}$;	$\dfrac{-\sin\lambda\sin\mu\cos\mu}{1+\cos\lambda\cos\mu}$;	o;

de sorte que si l'on réduit ces rotations à trois autres, p', q', r', autour des axes mobiles $o\xi$, $o\eta$, $o\zeta$, et substituant pour dk sa valeur en $d\lambda$ et $d\mu$, on trouvera

$$p' = -\sin\mu\, d\lambda + dk = -p,$$
$$q' = q,$$
$$r' = r.$$

Par conséquent les équations de l'axe instantané sont, par rapport aux axes fixes,

$$\frac{x}{p} = \frac{y}{q} = \frac{z}{r} \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (\beta)$$

et, par rapport aux axes mobiles,

$$\frac{\xi}{-p} = \frac{\eta}{q} = \frac{\zeta}{r} \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (\beta')$$

Il suit de ce résultat remarquable, que si l'on ramène le système $\xi\eta\zeta$ à sa position primaire, où le plan $\eta\zeta$ se confond avec le plan yz, l'axe instantané prend une direction qui, par

rapport à ce plan, est symétrique avec la direction qu'elle avait dans l'espace.

Si la ligne de regard doit parcourir une surface conique donnée, il en résultera une relation

$$F(\lambda, \mu) = o \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (\gamma)$$

entre les variables λ et μ, qui déterminent sa direction.

L'elimination de ces variables entre cette relation (γ) et les équations (β) donnera la surface conique que décrit l'axe instantané par rapport aux axes fixes, ou dans l'espace, tandis que l'élimination de ces variables entre (γ) et (β') donnera la surface conique qu'elle décrit par rapport aux axes mobiles, ou dans l'oeil.

Il est évident que si la première élimination donne

$$x = \psi(y, z),$$

la seconde donnera

$$-\xi = \psi(\eta, \zeta), \text{ ou } \xi = -\psi(\eta, \zeta).$$

Donc les deux cônes sont semblables et égaux, et symétriquement placés par rapport au plan commun yz ou $\eta\zeta$, si le système mobile est ramené à sa position primaire. Si dans cette position on mène un plan tangent à chacun des cônes, et passant par des génératrices symétriquement placées, ces plans tangents seront eux-mêmes symétriquement placés par rapport au plan commun yz ou $\eta\zeta$, de sorte que les deux cônes auront chacun la même position par rapport à leur plan tangent. Par conséquent, si l'on replace le système mobile dans la position qu'il occupait, de sorte que l'axe instantané reprend la position qu'elle avait dans l'espace, le plan tangent au cône mobile se confondra avec le plan tangent au cône fixe, et les deux cônes seront symétriquement placés par rapport au plan tangent commun.

Ainsi le mouvement continu de l'oeil se fait, de la même manière qu'en général le mouvement de rotation autour d'un point fixe, comme si une surface conique, ayant son sommet au centre de rotation et à laquelle le globe oculaire serait invariablement lié, roulait sans glisser sur une autre surface conique ayant le même sommet et gardant une position fixe par

rapport à la tête. Le cône fixe est immédiatement déterminé par la surface conique que la ligne de regard doit parcourir, et le caractère particulier du mouvement de l'oeil est, que *les deux cônes sont égaux et semblables*, et de plus, *qu'ils conservent pendant le mouvement une position symétrique par rapport au plan tangent commun.*

Si l'on écrit les équations (β), où par la relation (γ) une des quantités λ ou μ est une fonction de l'autre, sous la forme

$$\frac{x}{\cos\lambda \sin\mu \cos\mu - \sin\lambda \frac{d\mu}{d\lambda}} = \frac{-y}{(\cos\lambda + \cos\mu)\cos\mu - \sin\lambda \sin\mu \frac{d\mu}{d\lambda}}$$

$$= \frac{z}{\sin\lambda \sin\mu \cos\mu + (\cos\lambda + \cos\mu)\frac{d\mu}{d\lambda}},$$

on obtient, éliminant l'inconnue $\frac{d\mu}{d\lambda}$ qui dépend de (γ), après quelque réduction,

$$x(1 + \cos\lambda \cos\mu) + y \sin\mu + z \sin\lambda \cos\mu = o, \quad . \quad . \quad . \quad (\delta)$$

qui représente un plan, dont la position dépend seulement de λ et μ, ou de la direction instantanée de la ligne de regard, quelle que soit (γ), et dans lequel est à chaque instant situé l'axe instantané de rotation. La normale à ce plan fait avec l'axe $o\,x$ un angle dont le cosinus est

$$\sqrt{\frac{1 + \cos\lambda \cos\mu}{2}} = \sqrt{\frac{1 + \cos\varphi}{2}} = \cos \tfrac{1}{2}\varphi,$$

tandis que l'on a la même valeur pour le cosinus de l'angle entre ce plan et le plan perpendiculaire à la ligne de regard, ou

$$x \cos\lambda \cos\mu + y \sin\mu + z \sin\lambda \cos\mu = o.$$

Cette normale fait donc des angles égaux avec l'axe $o\,x$ et avec la ligne de regard, et parce que chacun de ces angles est la moitié de l'angle φ entre ces deux dernières droites, elle est

située dans leur plan. On en conclut que, si l'oeil se meut suivant la loi de LISTING, l'axe instantané de rotation doit toujours être une des droites du plan perpendiculaire à la bissectrice de l'angle entre la direction primaire et la direction instantanée de la ligne de regard. Cette bissectrice, autour de laquelle la rotation instantanée est zéro, est appelé par HELMHOLTZ, „*ligne atrope instantanée.*"

L'oeil tournera autour d'un axe fixe, si l'on a

$$p = C_1 \varphi(\lambda . \mu), \quad q = C_2 \varphi(\lambda . \mu), \quad r = C_3 \varphi(\lambda . \mu), \quad . \; . \; (\varepsilon)$$

où C_1, C_2, C_3 sont des constantes et $\varphi\ (\lambda, \mu)$ une fonction quelconque, parce qu'alors les équations (β) deviennent

$$\frac{x}{C_1} = \frac{y}{C_2} = \frac{z}{C_3},$$

celles d'une droite fixe, et il en est de même de (β').

Eliminant $\varphi\ (\lambda, \mu)$ entre (ε) on obtient, en réduisant,

$$(C_1 \sin\lambda \sin\mu + C_2 \sin\lambda)\frac{d\mu}{d\lambda} = C_1 (\cos\lambda + \cos\mu)\cos\mu + C_2 \cos\lambda \sin\mu \cos\mu$$

$$(C_1(\cos\lambda + \cos\mu) + C_3 \sin\lambda)\frac{d\mu}{d\lambda} = -C_1 \sin\lambda \sin\mu \cos\mu + C_3 \cos\lambda \sin\mu \cos\mu,$$

d'où, en éliminant $\frac{d\mu}{d\lambda}$, on trouve

$$C_1 (1 + \cos\lambda \cos\mu) + C_2 \sin\mu + C_3 \sin\lambda \cos\mu = o \quad . \; . \; (\gamma')$$

pour la relation (γ) qui détermine la surface conique que la ligne de regard doit alors parcourir.

Les équations de cette ligne sont

$$\frac{x}{\cos\lambda \cos\mu} = \frac{y}{\sin\mu} = \frac{z}{\sin\lambda \cos\mu}$$

et par conséquent, les coordonnées du point où elle perce la sphère de rayon r, décrite autour du centre de rotation, ou les

coordonnées du point de regard dans le champ de regard sphérique, sont

$$x = r\cos\lambda\cos\mu, \quad y = r\sin\mu, \quad z = r\sin\lambda\cos\mu,$$

ce qui, substitué dans (γ'), donne

$$C_1(r+x) + C_2 y + C_3 z = o,$$

l'équation d'un plan passant par le point $-r, o, o$, ou le point occipital. Donc l'oeil tourne autour d'un axe fixe si le point de regard parcourt sur le champ de regard sphérique un cercle de direction, ce qui s'accorde avec ce qu'on a trouvé précédemment par la considération seule des courbes, tangentiellement auxquelles peuvent se déplacer des images persistantes linéaires.

On peut démontrer par des considérations géométriques les deux derniers résultats de l'analyse.

Si le plan de la figure, fig. 9, tourne d'un angle BAB' autour du point A, et ensuite d'un angle ACA' autour d'un de ses points C, on pourra réduire ces deux rotations successives à une seule. Avant la première rotation le point C était en C', tel que CAC' est égal à l'angle de rotation BAB' et $AC' = AC$; CA' est donc la position de $C'A$ après la dernière rotation, et l'on voit que $C'A$ viendra dans la position CA' par une seule rotation autour du point d'intersection O des bissectrices des angles de rotation CAC' et ACA', car $OA = OA'$, $OC = OC'$ et $AOA' = C'OC$, comme restes des angles égaux AOC' et $A'OC$ diminués de l'angle commun $A'OC'$. Si la seconde rotation doit être telle que le centre de la rotation résultante tombe sur une ligne fixe donnée AD, passant par A, le centre C de cette rotation doit être nécessairement un point de la direction AE, qui avant la première rotation faisait avec la direction donnée AD un angle DAE égal à la moitié de celui de la première rotation. Ces considérations sont immédiatement applicables à une surface sphérique qui doit tourner successivement autour de deux diamètres dont A et C sont les pôles, en remplaçant les lignes droites par des arcs de grandscercles.

Supposons donc que le globe oculaire, fig. 10, après une première rotation $xo\xi = \vartheta$ autour de OA dans le plan yz, doive

tourner autour d'un autre axe; il faudra que l'axe de la rotation résultante tombe dans le plan Azy, perpendiculaire à la direction primaire de la ligne de regard, sans quoi la position de ce globe après la seconde rotation ne satisferait pas à la loi de LISTING. L'axe de la seconde rotation doit donc être une ligne quelconque OC dans le plan du grand cercle AE, qui avant la première rotation avait la position AE', tel que l'angle de rotation $EAE' = \varphi$ est divisé en deux parties égales par le plan yzA On voit facilement que la droite OT, qui divise l'angle $xo\xi$ en deux parties égales est perpendiculaire au plan EAO, et par conséquent aussi à une droite quelconque OC dans ce plan, de sorte que cette droite OT est la ligne atrope instantanée.

Si le globe oculaire continue à tourner autour de l'axe OC, sa position continuera de même à satisfaire à la loi de LISTING, parce que toujours l'axe de la rotation résultante tombera dans le plan yzA, quel que soit l'angle de la rotation autour de OC.

De plus, l'arc $C\xi$ est le supplément de l'arc Cx, parce que les triangles sphériques ξCT et xCT, où $\xi T = xT$, $CT = \frac{1}{2}\pi$, sont supplémentaires l'un de l'autre; donc l'angle $CO\xi$ est égal à l'angle que CO fait avec le prolongement ox' de xo. Par conséquent, l'extrémité ξ de la ligne de regard parcourt, pendant que le globe tourne autour de l'axe fixe CO, un cercle qui passe par le point occipital.

L'axe de rotation étant à chaque instant dans le plan (δ), le cône fixe est l'enveloppe de ce plan variable, et on obtiendra son équation en éliminant λ et μ entre l'équation (δ), sa dérivée, ou

$$-x\left(\sin\lambda\cos\mu + \cos\lambda\sin\mu\frac{d\mu}{d\lambda}\right) + y\cos\mu\frac{d\mu}{d\lambda}\dots$$

$$+z\left(\cos\lambda\cos\mu - \sin\lambda\sin\mu\frac{d\mu}{d\lambda}\right) = o \quad \dots \quad (d\,\delta)$$

et la relation (γ)

$$F(\lambda, \mu) = o.$$

Eliminant entre (δ) en $(d\,\delta)$ tour-à-tour une des coordonnées

x, y ou z, on obtient en effet les équations (β) des génératrices du cône.

L'équation ($d\,\delta$) représente un plan variable qui passe par la ligne de regard, parce qu'elle est satisfaite par les équations de cette ligne. De plus, ce plan est perpendiculaire à la tangente à la courbe que l'extrémité de la ligne de regard doit parcourir sur PQ. Car, soit α l'angle entre cette tangente et une parallèle à l'axe oy, et l, m, n, les angles de la ligne de regard avec les axes fixes, on trouve pour l'équation d'un tel plan

$$x \cos l (\cos m + \cos n \operatorname{tang} \alpha) - y (\sin^2 m - \cos m \cos n \operatorname{tang} \alpha) \ldots$$
$$+ z (\cos m \cos n - \sin^2 n \operatorname{tang} \alpha) = o;$$

mais, si le plan PQ est à la distance a de l'origine,

$$y = a \frac{\operatorname{tang} \mu}{\cos \lambda}, \quad z = a \operatorname{tang} \lambda,$$

sont les coordonnées du point où il est rencontré par la ligne de regard, de sorte que

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{dz}{dy} = \frac{\cos^2 \mu \, d\lambda}{\cos \lambda \, d\mu + \sin \lambda \sin \mu \cos \mu \, d\lambda};$$

en substituant cette valeur, et

$$\cos l = \cos \lambda \cos \mu, \quad \cos m = \sin \mu, \quad \cos n = \sin \lambda \cos \mu,$$

dans l'équation précédente, on trouve, après réduction, l'équation ($d\,\delta$).

Appliquant la théorie générale qui précède à quelques cas particuliers, il est à peine nécessaire de traiter le cas où l'extrémité de la ligne de regard doit parcourir sur PQ une droite de direction quelconque, et passant par le point de regard primaire; parce qu'on a déjà vu qu'alors le globe oculaire tourne autour d'un axe fixe, perpendiculaire au plan que décrit la ligne de regard. Cependant, pour montrer l'accord des formules, soit

$$z = m y$$

l'équation de cette droite, alors la relation (γ) devient, en substituant pour y et z leurs valeurs en λ et μ données ci-dessûs,

$$\sin\lambda = m \tan g\,\mu \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (\gamma_{,})$$

d'où

$$\cos\lambda \cos^2\mu\, d\lambda = m\, d\mu\,,$$

ou

$$\cos\lambda \sin\mu \cos\mu\, d\lambda = \sin\lambda\, d\mu\,,$$

et l'on obtient:

$$p = o, \quad q = -\cos^2\mu\, d\lambda, \quad r = \frac{\sin\mu\cos\mu}{\sin\lambda}\, d\lambda,$$

ce qui montre déjà que l'axe de rotation est perpendiculaire à la direction primaire $o\,x$ de la ligne de regard, tandis que les équations (β) deviennent:

$$-\frac{y}{\cos\mu} = \frac{z\sin\lambda}{\sin\mu},$$

ou, en vertu de ($\gamma_{,}$)

$$y = -m\,z\,;$$

donc le cône se réduit dans ce cas à une droite unique dans le plan $y\,z$, et perpendiculaire à la direction $z = m\,y$, c'est-à-dire, à cause que les plans $y\,z$ et PQ sont parallèles, perpendiculaire au plan parcouru par la ligne de regard.

Supposons que le point de regard parcourt sur P Q une droite quelconque parallèle à l'axe des y, ou à la droite qui passe par les centres de rotation des deux yeux, et par suite une droite horizontale si cette dernière est horizontale.

Alors la relation (γ) est l'équation du plan parcouru par le la ligne de regard, ou

$$\lambda = const. \quad \text{d'où} \quad d\lambda = o,$$

et les équations (β) deviennent:

$$\frac{x}{-\sin\lambda} = \frac{y}{\sin\lambda\sin\mu} = \frac{z}{\cos\lambda + \cos\mu},$$

ou

$$x \sin \mu = - y, \quad x \cos \mu = - x \cos \lambda - z \sin \lambda$$

dans lesquelles μ est le seul paramètre variable à éliminer, de sorte que

$$x^2 = y^2 + (x \cos \lambda + z \sin \lambda)^2$$

est l'équation du cône fixe. Si l'on y substitue

$$x = x_{,} \cos \varphi - z_{,} \sin \varphi,$$
$$y = x_{,} \sin \varphi + z_{,} \cos \varphi,$$

ce qui revient à faire tourner les axes des coordonnées d'un angle φ de droite à gauche autour de l'axe des y, et prenant $\varphi = 45^0 + \frac{1}{2}\lambda$, elle devient

$$x_{,}^2 \sin \lambda + y^2 - z_{,}^2 \sin \lambda = o;$$

donc les nouveaux axes sont les axes principaux du cône du second degré, et les sections perpendiculaires à l'axe des $z_{,}$ sont des ellipses.

Soit, fig. 11, dans le plan xz, l'angle $x o A = \lambda$; le prolongement OC de la bissectrice de cet angle, et la perpendiculaire OB à OC, seront les intersections du cône avec le plan xz; et $Oz_{,}$, qui divise l'angle droit COB en deux parties égales, sera l axe conjugué aux sections elliptiques, en sorte que la perpendiculaire $ox_{,}$ à $oz_{,}$ est l'axe des $x_{,}$, car l'angle $z_{,} o x'$ étant égal à $45^0 - \frac{1}{2}\lambda$, son complément, ou $x o x'$ sera $45^0 + \frac{1}{2}\lambda$.

Le cône fixe étant ainsi déterminé, on trouvera le cône mobile, en se rappelant qu'il est symétriquement placé par rapport au plan yz, quand le système mobile est ramené à sa position primaire. Donc, si dans le plan xz on mène de l'autre côte de l'axe oz deux droites, qui font avec l axe ox et oz un angle de gauche à droite égal à $\frac{1}{2}\lambda$, ces droites seront alors son intersection avec le plan xz ou $\xi\zeta$; faisant tourner ce cône, de droite à gauche, d'un angle λ autour de l'axe des y, la ligne de regard viendra de ox dans la direction $O\xi A$, et le cône mobile deviendra tangent au cône fixe suivant la génératrice OB. Si l'on fait ensuite rouler le cône mobile BOC' sur le cône fixe BOC, l'extrémité de la ligne de regard $o\xi$, ligne

qui est fixe dans le cône mobile et entrainée avec lui dans son mouvement, décrira sur PQ une parallèle AE à l'axe oy.

Soit la droite, que le point de regard doit parcourir sur PQ, parallèle à l'axe oz, donc verticale si cet axe est vertical.

Son équation est $y = const.$, et la relation (γ) devient

$$\frac{tang\,\mu}{cos\,\lambda} = tang\,\mu_0\,,$$

où μ_0 est l'angle de déplacement latéral pour $\lambda = o$. Cette relation donne

$$cos\,\lambda\,d\mu = -\,sin\,\mu\,cos\,\mu\,sin\,\lambda\,d\lambda,$$

et les équations (β) deviennent après réduction,

$$\frac{x}{sin\,\mu} = \frac{-y}{sin^2\mu + cos\,\lambda\,cos\,\mu\,(1 + cos\,\lambda\,cos\,\mu)} = \frac{-z}{sin\,\lambda\,sin\,\mu\,cos\,\mu},$$

d'où l'on déduit facilement, remarquant que la relation donnée s'écrit sous la forme :

$$sin\,\mu = tang\,\mu_0\,cos\,\lambda\,cos\,\mu\,,$$

en éliminant tour-à-tour z et y,

$$x\,sin\,\mu = -\,sin\,\mu_0\,(x\,cos\,\mu_0 + y\,sin\,\mu_0),$$
$$x^2\,cos^2\mu = x^2\,cos^2\mu_0 + z^2\,sin^2\mu_0\,;$$

de sorte que

$$x^2 = sin^2\mu_0\,(x\,cos\,\mu_0 + y\,sin\,\mu_0)^2 + x^2\,cos^2\mu_0 + z^2\,sin^2\mu_0\,,$$

ou

$$x^2 = (x\,cos\,\mu_0 + y\,sin\,\mu_0)^2 + z^2$$

est l'équation du cône fixe.

Elle est de la même forme que celle trouvée dans le cas précédent; faisant tourner de gauche à droite les axes des coördonnées d'un angle $45^0 + \frac{1}{2}\mu_0$ autour de l'axe des z, elle devient :

$$x_{\prime}^2\,sin\,\mu_0 - y_{\prime}^2\,sin\,\mu_0 + z^2 = o,$$

de sorte que les sections perpendiculaires à l'axe principal des $y_{\prime}$, sont des ellipses.

Soit, fig. 12, l'angle xoA dans le plan xy égal à la con-

stante μ_0; le prolongement OC de la bissectrice de cet angle, et la perpendiculaire OB à OC seront les intersections du cône avec le plan xy, et $oy_{,}$, qui divise l'angle droit BOC en deux parties égales, sera l'axe conjugué aux sections elliptiques, en sorte que la perpendiculaire $ox_{,}$ à $oy_{,}$ est l'axe des $x_{,}$, car $y_{,}ox'$ étant $45^{\circ} - \frac{1}{2}\mu_0$, son complément $xox_{,}$ sera $45^{\circ} + \frac{1}{2}\mu_0$. Si dans le plan xy on mène de l'autre côté de l'axe oy deux droites, qui font avec l'axe ox et oy un angle de droite à gauche égal à $\frac{1}{2}\mu_0$, ces droites seront l'intersection du cône mobile avec le plan $\xi\eta$, quand le système $\xi\eta\zeta$ est ramené à sa position primaire. Faisant tourner ce cône, de gauche à droite, d'un angle μ_0 autour de l'axe oz, la ligne de regard viendra de sa direction primaire ox dans la direction OA, et le cône mobile deviendra tangent au cône fixe suivant la génératrice OB. Quand on fait ensuite rouler le cône mobile BOC' sur le cône fixe BOC, l'extrémité de la ligne de regard, qui est entrainée avec lui dans son mouvement, décrira sur PQ une parallèle AE à l'axe oz.

Supposons plus généralement que la ligne de regard, dont les équations sont

$$\frac{x}{\cos\lambda\cos\mu} = \frac{y}{\sin\mu} = \frac{z}{\sin\lambda\cos\mu},$$

doive décrire un cône droit autour d'un axe qui fait des angles α, β, γ, avec les axes fixes, alors

$$\cos\lambda\cos\mu\cos\alpha + \sin\mu\cos\beta + \sin\lambda\cos\mu\cos\gamma = \cos\psi, \ldots (\gamma_{,})$$

où ψ est le demi-angle au sommet du cône donné, est l'équation du cône ou la relation (γ), et elle donne:

$$\frac{d\mu}{d\lambda} = -\frac{\cos\mu(\cos\alpha\sin\lambda - \cos\gamma\cos\lambda)}{\cos\lambda\sin\mu\cos\alpha - \cos\mu\cos\beta + \sin\lambda\sin\mu\cos\gamma}.$$

Substituant cette valeur dans p, q et r, on trouve, ayant égard à la relation $(\gamma_{,})$ et après quelques réductions, pour les équations (β) de l'axe instantané par rapport aux axes fixes,

$$\frac{x}{\cos\alpha - \cos\lambda\cos\mu\cos\psi} = \frac{-y}{(\cos\alpha + \cos\psi)\sin\mu - (1 + \cos\lambda\cos\mu)\cos\beta}$$

$$= \frac{-z}{(\cos\alpha + \cos\psi)\sin\lambda\cos\mu - (1 + \cos\lambda\cos\mu)\cos\gamma} \ldots (a$$

On vérifie que ces équations satisfont en effet à l'équation générale trouvée plus haut :

$$(1 + \cos\lambda \cos\mu) x + y \sin\mu + z \sin\lambda \cos\mu = o, \quad . \; . \; . \quad (\delta)$$

qui facilitera l'élimination des variables λ et μ.

On voit que les équations (a) donnent $\sin\mu$ et $\sin\lambda \cos\mu$ en fonctions de $\cos\lambda \cos\mu$, savoir :

$$\sin\mu = \frac{(x \cos\beta - y \cos\alpha) + (x \cos\beta + y \cos\psi) \cos\lambda \cos\mu}{x(\cos\alpha + \cos\psi)},$$

$$\sin\lambda \cos\mu = \frac{(x \cos\gamma - z \cos\alpha) + (x \cos\gamma + z \cos\psi) \cos\lambda \cos\mu}{x(\cos\alpha + \cos\psi)};$$

et, substituant ces valeurs dans (δ), on obtient en réduisant,

$$\cos\lambda \cos\mu = -\frac{x^2(\cos\alpha + \cos\psi) + x(y\cos\beta + z\cos\gamma) - (y^2 + z^2)\cos\alpha}{x^2(\cos\alpha + \cos\psi) + x(y\cos\beta + z\cos\gamma) + (y^2 + z^2)\cos\psi},$$

de sorte qu' après la substitution de cette valeur dans $\sin\mu$ et $\sin\lambda \cos\mu$, l'élimination s'achèverait en égalant à l'unité la somme des carrés de ces trois expressions. Mais il sera plus facile de chercher une seconde expression pour $\cos\lambda \cos\mu$, employant au lieu de (δ) la relation $(\gamma_{,})$, ce qui donne :

$$\cos\lambda \cos\mu = -\frac{x\left\{\sin^2\psi - \cos\alpha(\cos\alpha + \cos\psi)\right\} - (y\cos\beta + z\cos\gamma)\cos\alpha}{x(1 + \cos\alpha \cos\psi) + (y \cos\beta + z \cos\gamma) \cos\psi}.$$

Egalisant les deux expressions pour $\cos\lambda \cos\mu$, on trouve après des réductions une équation divisible par $x(\cos\alpha + \cos\psi)$, et qui, après la division par ce facteur, peut être écrite sous la forme :

$$\left\{x(\cos\alpha + \cos\psi) + y \cos\beta + z \cos\gamma\right\}^2 - (y^2 + z^2) \sin^2\psi = o.$$

Le cône fixe est donc encore du second degré, et ses intersections avec des plans

$$x(\cos\alpha + \cos\psi) + y \cos\beta + z \cos\gamma = const. :$$

ont des cercles pour projections sur le plan yz.

On prévoit aisément fig. 13 que le plan passant par l'axe OI du cône que doit décrire la ligne de regard et la direction primaire ox de cette ligne sera un plan principal du cône fixe Prenant la perpendiculaire $oy_{,}$ à ce plan, du côté de l'axe oy,

pour axe des y_i, et la bissectrice $o x_i$ de l'angle $I o x = \alpha$ pour axe des x_i, on peut facilement calculer les cosinus des angles que chacun des nouveaux axes $o x_i$, $o y_i$, $o z_i$ fait avec les axes fixes. Car, dans le triangle sphérique $x I y$, qu'on voit dans la figure, on connait les trois côtés, $x I = \alpha$, $I y = \beta$ et $x y = 90^0$, ce qui donne

$$cos\, y I x = -\frac{cos\,\beta\, cos\,\alpha}{sin\,\beta\, sin\,\alpha};$$

et par conséquent le cosinus de $x_i y$ dans le triangle $y I x'$, où l'on connait les deux côtés $y I = \beta$, $I x_i = \frac{1}{2}\alpha$ et le cosinus de l'angle compris $y I x_i$; pareillement le triangle $z I x$ donne:

$$cos\, z I x = -\frac{cos\,\gamma\, cos\,\alpha}{sin\,\gamma\, sin\,\alpha},$$

et puis le triangle $z I x_i$ le cosinus de $z x_i$. Dans le triangle $I z_i y$, on a: $I z_i = 90^0 - \frac{1}{2}\alpha$, $I y = \beta$, et l'angle $z_i I y = 180^0 - y I x$, on aura donc le cosinus de $z_i y$; et celui de $z_i z$ dans le triangle $z_i I z$, où l'angle $z_i I z = 180^0 - z I x$. Le cosinus de $y_i y = z L$ est donné par le triangle $z I L$, où $L I = 90^0 - \alpha$ et l'angle $z L I$ est droit, et celui de $y_i z = 180 - y L$ par le triangle $y L I$.

On obtiendra ainsi les valeurs de ces cosinus tel qu'il est indiqué dans les colonnes ci-dessoûs:

	$o x$	$o y$	$o z$
$o x_i$	$cos\,\frac{1}{2}\alpha$	$\frac{cos\,\beta}{2\,cos\,\frac{1}{2}\alpha}$	$\frac{cos\,\gamma}{2\,cos\,\frac{1}{2}\alpha}$
$o y_i$	o	$\frac{cos\,\gamma}{sin\,\alpha}$	$-\frac{cos\,\beta}{sin\,\alpha}$
$o z_i$	$-sin\,\frac{1}{2}\alpha$	$\frac{cos\,\beta}{2\,sin\,\frac{1}{2}\alpha}$	$\frac{cos\,\gamma}{2\,sin\,\frac{1}{2}\alpha}$

Donc si l'on substitue dans l'équation du cône fixe

$$x = x_i\, cos\,\tfrac{1}{2}\alpha - z_i\, sin\,\tfrac{1}{2}\alpha,$$

$$y = x_i \frac{cos\,\beta}{2\,cos\,\frac{1}{2}\alpha} + y_i \frac{cos\,\gamma}{sin\,\alpha} + z_i \frac{cos\,\beta}{2\,sin\,\frac{1}{2}\alpha},$$

$$z = x_i \frac{cos\,\gamma}{2\,cos\,\frac{1}{2}\alpha} - y_i \frac{cos\,\beta}{sin\,\alpha} + z_i \frac{cos\,\gamma}{2\,sin\,\frac{1}{2}\alpha},$$

d'où

$$x(\cos\alpha + \cos\psi) + y\cos\beta + z\cos\gamma = x_{,}(1 + \cos\psi)\cos\tfrac{1}{2}\alpha + z_{,}(1 - \cos\psi)\sin\tfrac{1}{2}\alpha,$$

$$y^2 + z^2 = x_{,}^2 \sin^2\tfrac{1}{2}\alpha + y_{,}^2 + z_{,}^2\cos^2\tfrac{1}{2}\alpha + x_{,}z_{,}\sin\alpha,$$

on obtient pour l'équation de ce cône par rapport aux nouveaux axes :

$$\frac{x_{,}^2}{1-\cos\psi} - \frac{y_{,}^2}{\cos\alpha + \cos\psi} - \frac{z_{,}^2}{1+\cos\psi} = o$$

de sorte que les sections elliptiques sont perpendiculaires à l'axe des $x_{,}$ ou des $z_{,}$ selon que le dénominateur de $y_{,}^2$ est positif ou négatif.

Supposons ce dénominateur positif, et soit, fig. 14 : $x o L x_{,}$ le plan passant par la direction primaire $o x$ de la ligne de regard et l'axe $O I$ du cône qu'elle doit décrire ; $L L'$ l'intersection de ce plan avec le plan fixe $y z$. La bissectrice $o x_{,}$ de l'angle $I o x = \alpha$ sera l'axe des $x_{,}$; $z_{,} z_{,,}$ perpendiculaire dans ce plan à $o x_{,}$ l'axe des $z_{,}$; de sorte que, prenant les angles $z_{,} o B$ et $z_{,,} o C$ égaux à $\frac{1}{2}\psi$, $O B$ et $O C$ seront les intersections du cône fixe avec le plan $x_{,} z_{,}$; car l'équation du cône donne en y faisant $y_{,} = o$;

$$z_{,} = \pm\, x_{,} \cot\tfrac{1}{2}\psi.$$

Le système $\xi\eta\zeta$ étant ramené dans sa position primaire le cône mobile doit être placé symétriquement avec le cône fixe par rapport au plan $y z$, qui est le même que le plan $L O y_{,}$, $y_{,}$ étant la perpendiculaire au plan $x o L$. Donc, si l'on mène des droites par o, qui de l'autre côté de $O L$ et $O L'$ font avec ces directions des angles égaux à $L O B = \frac{1}{2}(\alpha + \psi)$ et $L' O C = \frac{1}{2}(\alpha - \psi)$, on aura les intersections du cône mobile avec le plan $x_{,} z_{,}$; faisant ensuite tourner ce cône de droite à gauche, autour de l'axe $o y_{,}$, d'un angle $\alpha - \psi$, la ligne de regard viendra de $o x$ dans la direction $o\xi$, tellement que l'angle $I O\xi$ est égal à ψ, et le cône mobile deviendra tangent au cône fixe suivant la génératrice $O C$. Si ensuite on fait rouler le cône mobile $B' O C$ sur le cône fixe $B O C$, la ligne de regard décrira un cône droit autour de $O I$ et son extrémité parcourra sur le champ de regard un cercle quelconque.

On peut vérifier ce résultat, ainsi que ceux des deux cas précédents, lesquels sont compris dans celui-ci, en faisant $\psi = 90^0$ et $\alpha = 90 + \lambda$, ou $\alpha = 90^0 + \mu_0$.

Chacun des angles $CO\xi$ et COx' étant égal à $45^0 + \frac{1}{2}(\alpha - \psi)$, la droite $o\xi$ restera pendant le roulement symétriquement placée avec ox' par rapport au plan tangent commun aux deux cônes, d'où il suit déjà que le mouvement de l'oeil se fera suivant la loi de LISTING, car dans la fig. 10, la droite variable $o\xi$ est symétriquement placée avec la droite fixe ox' par rapport au plan $oACE$, qui est perpendiculaire à la ligne atrope oT, et dont l'enveloppe est le cône fixe.

L'équation du plan tangent au cône est

$$\frac{x_1 X}{1 - \cos\psi} - \frac{y' Y}{\cos\alpha + \cos\psi} - \frac{z' Z}{1 + \cos\psi} = o$$

où X, Y, Z, sont les coordonnées courantes, et $x_1 y_1 z_1$ celles d'un point de contact; les coordonnées du point x', si l'on prend sur le prolongement de $x_1 o$, ox' égal à l'unité, sont: $-\cos\frac{1}{2}\alpha$, o, $\sin\frac{1}{2}\alpha$; les équations de la perpendiculaire abaissée de x' sur le plan tangent seront donc

$$\frac{(X + \cos\frac{1}{2}\alpha)(1 - \cos\psi)}{x_1} = \frac{Y(\cos\alpha + \cos\psi)}{-y_1} = \frac{(Z - \sin\frac{1}{2}\alpha)(1 + \cos\psi)}{-z_1};$$

cette perpendiculaire, d'après ce qui précède, passera par le point pris sur $o\xi$ à l'unité de distance du point o, et dont les coordonnées sont par suite $\cos l$, $\cos m$, $\cos n$, si l, m, n, sont les angles variables que la ligne mobile $o\xi$ fait avec les axes ox_1, oy_1, oz_1, de sorte qu'on a entre les coordonnées d'un point de contact et ces angles, en vertu des dernières équations, les relations:

$$\frac{(\cos p + \cos\frac{1}{2}\alpha)(1 - \cos\psi)}{x_1} = \frac{\cos q(\cos\alpha + \cos\psi)}{-y_1} = \frac{(\cos r - \sin\frac{1}{2}\alpha)(1 + \cos\psi)}{-z_1};$$

où x_1, y_1, z_1 doivent satisfaire à l'équation du cône fixe, ce qui donne

$$(\cos p + \cos\tfrac{1}{2}\alpha)^2 (1 - \cos\psi) - \cos^2 q (\cos\alpha + \cos\psi) - (\cos r - \sin\tfrac{1}{2}\alpha)^2 (1 + \cos\psi) = o;$$

le coefficient de $\cos\psi$ dans celle-ci est

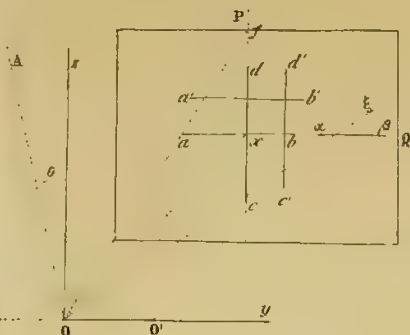
$$2(1 + \cos p \cos\tfrac{1}{2}\alpha - \cos r \sin\tfrac{1}{2}\alpha),$$

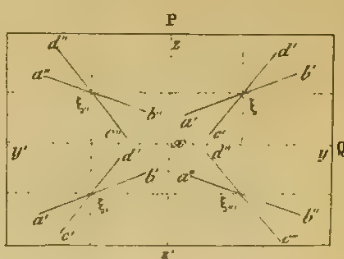
et après le développement on trouve qu'elle est divisible par ce coefficient. ensorte qu'elle se réduit à

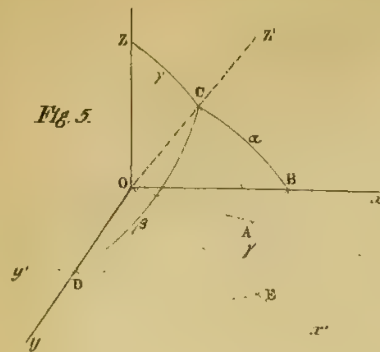
$$\cos p \cos \tfrac{1}{2}\alpha + \cos n \sin \tfrac{1}{2}\alpha = \cos \psi;$$

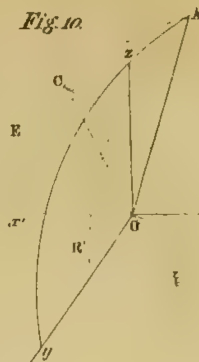
ce qui montre que l'angle entre la droite fixe OI, qui fait avec les nouveaux axes les angles $\frac{1}{2}\alpha$, $\frac{1}{2}\pi$ et $\frac{1}{2}\pi - \frac{1}{2}\alpha$, et la ligne mobile $o\xi$ est pendant le roulement constamment égal à ψ; donc la dernière décrit en effet un cône droit autour de la première.

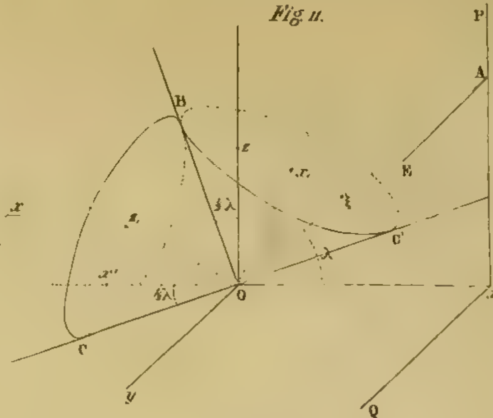
Delft, Décembre 1870.

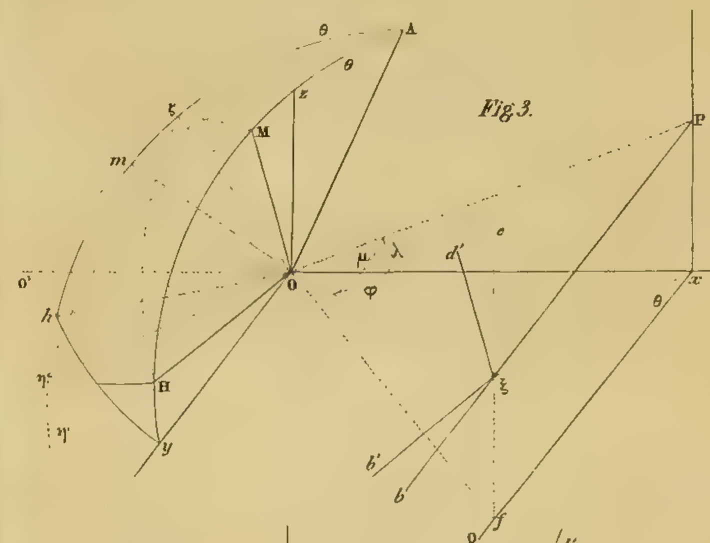

Fig. 1.

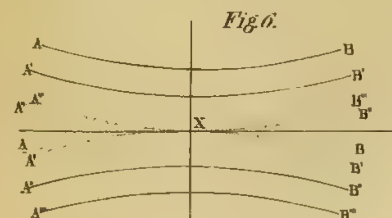

Fig. 2.

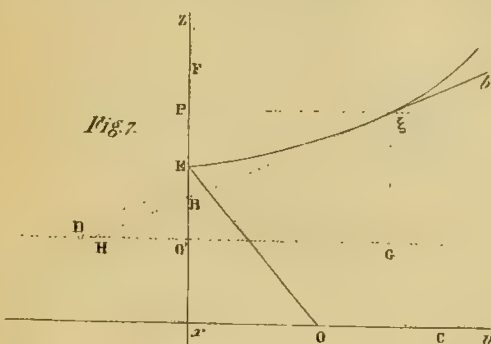

Fig. 5.

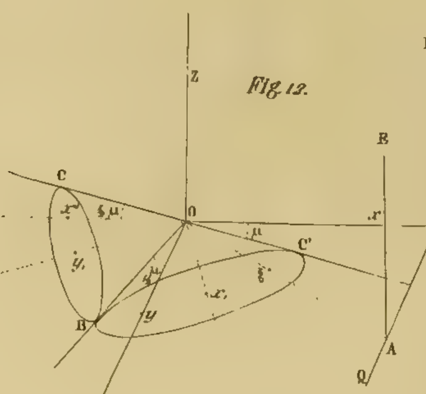

Fig. 10.

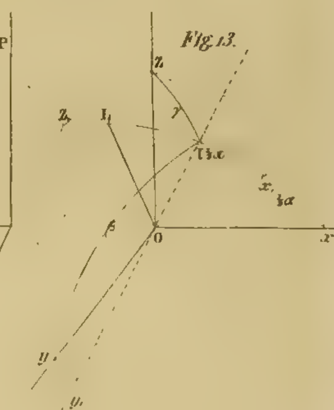

Fig. 11.

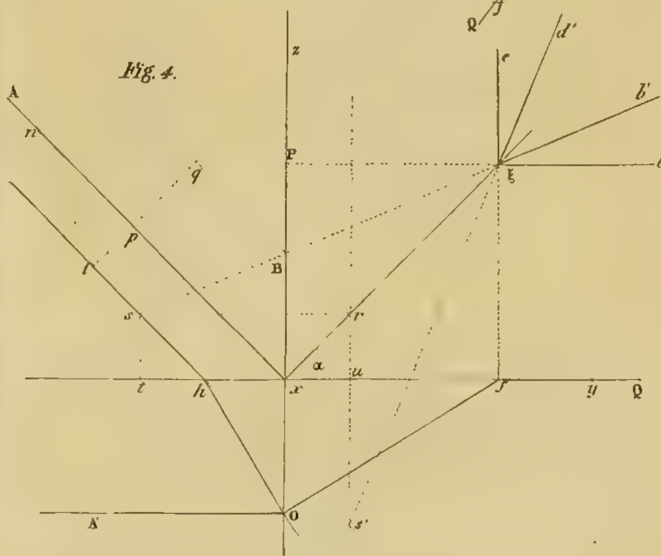

Fig. 3.

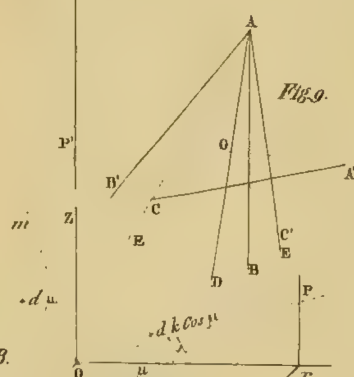

Fig. 6.

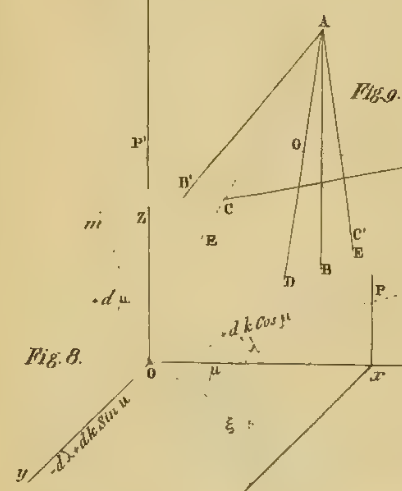

Fig. 7.

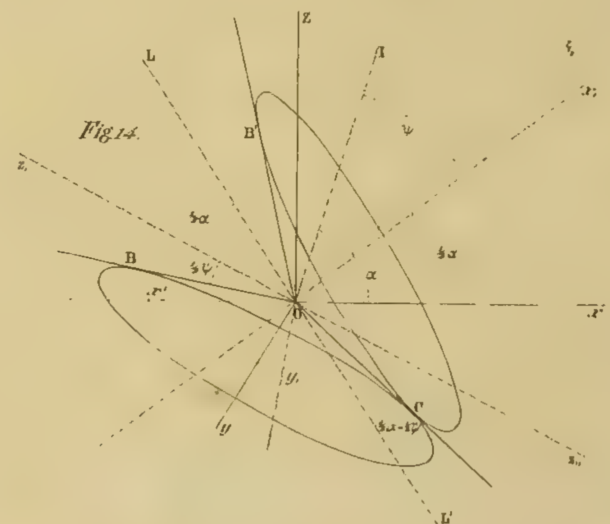

Fig. 12.


Fig. 13.


Fig. 4.


Fig. 9.


Fig. 8.


Fig. 14.

SCHETS VAN EEN NIEUW STELSEL

VAN

ZOOLOGISCHE NOMENCLATUUR.

DOOR

P. HARTING.

Voorgedragen in de gewone Vergadering van 24 Dec. 1870.

Toen LINNAEUS de binaire nomenclatuur invoerde, bewees hij niet alleen een groote dienst aan de beoefenaars der zoologie en der botanie, maar bevorderde hij daardoor ook krachtig die wetenschappen zelve. Die binaire nomenclatuur toch was een soort van mnemotechnisch hulpmiddel om verwante vormen ook in het geheugen bijeen te houden, zonder dit al te veel met namen en woorden te overladen. Zij maakte het daardoor mogelijk de menigte van bijzondere feiten onder de telkens hoogere en meer omvattende begrippen van individu, soort en geslacht te rangschikken en zoo gemakkelijk te overzien.

Sedert echter de tallooze na LINNAEUS gemaakte ontdekkingen er toe geleid hebben om zijne genera in een allengs grooter en grooter wordend getal van genera te splitsen of wel er geheel nieuwe bij te voegen, is hun aantal zoo verbazend toegenomen, dat ook het sterkste geheugen daarvan slechts een klein gedeelte omvatten kan, en daarmede is de weldaad der binaire nomenclatuur voor een goed deel verloren gegaan en komt nog alleen aan dezulken ten goede, die eene kleine afdeeling van het dieren- of plantenrijk tot het uitsluitende voorwerp hunner studie hebben gekozen. Zelfs meen ik het er voor te mogen houden, dat daarin eene der redenen gelegen is, waarom de zoologie zich meer en meer in kleine takken splitst, zoodat het te

vreezen staat dat er eenmaal een tijd zal komen, waarin men nog wel Ornithologen, Erpetologen, Conchyliologen, Lepidopterologen, Dipterologen enz. enz., maar geen Zoologen meer zal hebben.

Dat er in het geven van namen, bepaaldelijk van geslachtsnamen, de grootste willekeur heerscht, weet elk. Ook is het genoeg bekend, dat een aantal derzelfde geslachten door verschillende schrijvers met verschillende namen bestempeld zijn, en dat daarentegen herhaaldelijk gelijke namen aan in het stelsel hemelsbreed van elkander verwijderde geslachten zijn gegeven. Hoe lastig en verwarrend die synonymie is, heeft elk ondervonden, die zich met de eene of andere groep van dieren meer opzettelijk heeft bezig gehouden. Wel wordt die verwarring vermeden door den naam des naamgevers achter den naam van het geslacht te voegen, doch ook deze moet daarbij dan in het geheugen worden geprent, dat daarmede een last te meer op zich laadt.

Wanneer men de verschillende wijzen, waarop de geslachtsnamen ontstaan zijn, nagaat, dan ontwaart men, dat *vooreerst* vele vroegere soortnamen tot geslachtsnamen zijn geworden, bijv *Felis*, *Canis*, *Crocodilus* enz In de *tweede* plaats heeft men getracht door den naam een der hoofdkenmerken van de daardoor aangeduide dieren uit te drukken; zoo b. v. in de namen *Cyprinodon*, *Amphipnous*, *Trematodiscus*, *Onychoteuthis*, *Notacanthus* enz. enz. Deze wijze van naamgeving zoude voorzeker volkomen rationeel zijn en tevens aan het geheugen tegemoet komen, ware het niet, dat het reeds herhaalde malen gebeurd is, dat bij de ontdekking van nieuwe soorten, die blijkbaar volgens al de regelen eener natuurlijke rangschikking in het reeds benoemde geslacht moeten worden opgenomen, de etymologische beteekenis van den naam ophield ook op die nieuwe soorten toepasselijk te zijn, zoodat wel verre dat het geheugen daardoor gebaat werd, het veeleer daardoor op een dwaalspoor werd geleid.

Eene *derde* wijze van naamgeving, namelijk die welke den naam van dezen of genen meer of minder beroemden zooloog van den uitgang *ia* voorziet en zoo tot dien van een dierengroep maakt, is voorzeker zeer onschuldig, en namen als *Cuvieria*, *Audouinia* klinken tevens zeer goed, maar niet alle namen zijn zoo euphonistisch. Zoo b. v. *Agassizia*, *Verneuilina*, *Mac An-*

drewia en andere. Bovendien hecht zich daaraan geenerlei begrip, en alleen de herinnering van verdienstelijke mannen wordt daardoor levendig gehouden. Dit nu is voorzeker op zich zelf volstrekt niet af te keuren, maar, naar ik meen, kan de nagedachtenis van hen, die door hunne ontdekkingen tot uitbreiding der wetenschap hebben bijgedragen, toch nog op waardiger wijze aan de vergetelheid ontrukt worden, dan door hun naam aan die van een zekere groep van dieren te verbinden. De naam van CUVIER zou niet vergeten worden, ook al had PÉRON niet een Holothurien-geslacht en LESUEUR een Medusen-geslacht naar hem benoemd.

Slechts zeer zelden is men, bij het geven van namen, van het eenige mijns inziens ware beginsel uitgegaan, dat namelijk: verwante vormen ook verwante namen behooren te hebben. LINNAEUS had dit werkelijk door zijne binaire nomenclatuur gedaan. Verwante soorten werden onder denzelfden geslachtsnaam vereenigd, en in den naam van het dier was dus reeds zijne verwantschap met andere dieren duidelijk uitgedrukt. Nu echter het getal der geslachten zoo verbazend is toegenomen en reeds verscheidene duizenden bedraagt, schijnt het wenschelijk een stap verder te gaan en verwante geslachten, d. i. die welke te zamen eene familie uitmaken, zoo te benoemen, dat reeds de naam die verwantschap te kennen geeft.

Eenige weinige zoologen hebben dit reeds ingezien en bij het geven van nieuwe namen aan overeenkomstige geslachten ook de overeenkomst dier namen in het oog gehouden. Zoo b. v. zijn de geslachten *Saccomys* en *Otomys* van CUVIER, *Cricetomys*, *Hesperomys*, *Phloeomys* van WATERHOUSE, *Hydromys* en *Acomys* van GEOFFROY, *Drymomys* van TSCHUDI allen leden van de familie der *Murina;* de geslachten *Echinocidaris* DÉSOR, *Acrocidaris* AGASS., *Leiocidaris* DÉS., *Porocidaris* DÉS., *Cidaris* LAM. zijn allen na verwante vormen uit de familien der *Echinidae* en *Cidaridae;* *Uraster* FORB., *Crenaster* LHUYD, *Solaster* FORB., *Chaetaster* MÜLL. TROSCH., *Coelaster* AGASSIZ, *Oreaster* MÜLL. TROSCH.; *Scytaster* MÜLL. TROSCH., zijn allen Asterien; de geslachten *Ophiocnemis*, *Ophioderma*, *Ophiarachna*, *Ophiolepis*, *Ophiacantha*, *Ophionyx*, *Ophiomastix*, *Ophiomyxa*, *Ophioscolex* van MÜLLER en TROSCHEL, *Ophiolepis*, *Ophiopecten*, *Ophiactis*, *Ophiopholix*,

Ophioblenna van LÜTKEN, *Ophiopeza* en *Ophiarthrum* van PETERS, *Ophiopsila* FORB., *Ophianoplus* SARS, *Ophiurella* AGASS., zijn allen Ophiuren. Men gevoelt dadelijk hoezeer door deze overeenkomst in namen aan het geheugen wordt te gemoet gekomen. Jammer slechts dat men in vele andere gevallen van dit beginsel is afgeweken en er zoo een aantal geslachtsnamen ontstaan zijn, die met andere in klank overeenkomen, zonder daarom naauw verwanten diervormen aan te duiden. Zoo b. v. zijn *Claviaster*, *Dysaster*, *Schizaster*, *Toxaster* van AGASSIZ, *Offaster*, *Hemiaster* van DÉSOR, *Cardiaster* FORB., *Infulaster* HAGENOW geen Asterien, maar Echinoiden; *Ophidiaster* is geene Ophiure maar eene Asterie; *Ophiopsis* FITZ., *Ophiops* MENESTR. zijn Reptilien; *Ophisurus* LAC. en *Ophisurapus* KAUP zijn visschen; *Ophiusa* OCHSENB. is een vlindergeslacht; *Ophiodroma* SARS en *Ophiocephalus* DELLE CHIAJE zijn wormen. En dat men zich ook bedriegen zoude, wanneer men alle dieren, wier geslachtsnamen op *mys* eindigen, voor Murinen hield, blijkt uit de namen van *Pteromys* CUV. en *Arctomys* CUV., waaronder Sciurinen, *Hylomys* MÜLL, waaronder een geslacht uit de orde der Insectivoren en *Stratiomys* GEOFFR., waaronder tweevleugelige insekten verstaan worden.

Hoe nuttig de toepassing van het beginsel is, dat verwante zaken ook verwante namen moeten hebben, is door de scheikundigen reeds lang ingezien. De als uitgangen van namen gebezigde woorden *oxydul*, *oxyd*, *peroxyd* enzv. komen het geheugen krachtig te hulp. Hetzelfde geldt van de uitdrukking der zamenstelling van de ligchamen door formules, die uit eenige weinige letters en cijfers bestaan. Elk weet hoe oneindig gemakkelijker daardoor het overzigt wordt van de lange reeksen van organische verbindingen, terwijl men er zelfs meer en meer aan gewoon raakt die formules in plaats van namen te gebruiken.

Het is gemakkelijk intezien, dat, door in de zoologie en botanie eene min of meer daarmede overeenkomstige nomenclatuur in te voeren, men niet alleen het onthouden van een veel grooter getal van namen mogelijk zoude maken, maar daardoor tevens namen en begrippen met elkander in innige overeenming brengen, zoodat het hooren of zien van een naam ook dadelijk het begrip wekt, waaraan die naam beantwoordt. Begrip-

pen nu zijn in de beschrijvende natuurwetenschappen de sommen van een zeker aantal waarneembare eigenschappen. Met andere woorden, de nomenclatuur moet er op zijn ingerigt, om, bij het hooren of zien van een naam, een beeld van een dier of van een plant voor den geest te doen verrijzen, dat eene zekere som van eigenschappen of kenmerken bezit, die het met andere gemeen heeft of waardoor het zich van andere onderscheidt.

Zulk eene mnemotechnische, op vaste, door allen aangenomen grondslagen berustende nomenclatuur zoude voorzeker eene zeer gewenschte verbetering zijn. Is zij echter uitvoerbaar? En zoo ja, mag men hopen, dat zij allengs algemeen ingang zal vinden? De eerste dezer vragen mag, gelijk uit het vervolg zal blijken, toestemmend beantwoord worden. Wat de tweede aanbelangt, zoo vrees ik wel is waar dat slechts weinigen er toe zullen kunnen besluiten om de oude namen, die zij steeds gebruikt hebben, waaraan zij gewoon zijn geraakt, en die bovendien welligt met hun eigen naam verbonden zijn, waarop zij dus een soort van eigendomsregt hebben, prijs te geven.

Hoe groot de gehechtheid aan eenmaal gegeven namen is, blijkt wel daaruit, dat namen als mercurius dulcis, sublimaat enzv. nog steeds bij velen in gebruik sijn, alhoewel de chemie er reeds sedert lang betere voor in de plaats heeft gesteld. Wanneer ik derhalve het waag voor de zoologie eene nieuwe nomenclatuur voor te stellen, dan maak ik mij volstrekt geene illusie, dat deze ook spoedig algemeenen ingang zal vinden. Toch acht ik het niet ongepast dit te doen, al ware het slechts om de aandacht der zoologen op dit onderwerp te vestigen. Men zie dan ook in hetgeen thans volgt niet anders dan eene eerste poging, om zulk eene hervorming voor te bereiden. Die hervorming, zal zij doel treffen moet een radikale zijn. Men kan er wel naar streven om van de oude namen te behouden wat te behouden is, maar wanneer men vasthoudt aan het reeds meer genoemde hoofdbeginsel eener meer rationeele nomenclatuur, dat namelijk verwante vormen ook verwante namen moeten dragen, dan blijkt al spoedig dat van de oude namen meestal niet anders dan gedeelten in de nieuwe kunnen overgaan, omdat in eene nomenclatuur, die tevens als mnemotechnisch hulpmid-

del moet strekken, *verba sesquipedalia* zooveel mogelijk moeten vermeden worden.

Ook is het mijn plan geenszins reeds nu dit nieuwe stelsel in alle bijzonderheden uittewerken. Ik wensch er hier alleen de grondslagen van te leggen, die welligt zelve nog voor verbetering vatbaar zullen blijken, wanneer ook andere mijner mede-beoefenaars der zoologie er hunne aandacht aan zullen hebben gewijd.

Het hoofddoel dat ik mij voorstel te bereiken is: om, door eene gepaste verbinding van klinkers en medeklinkers, eind-lettergrepen voor de geslachten zamen te stellen, zoodat reeds in den naam van het geslacht de familie, de orde, de klasse en de hoofdafdeeling begrepen zijn, waartoe het geslacht behoort. Men zal zien dat twee zulke eindlettergrepen daartoe volkomen toereikend zijn.

Tamelijk algemeen neemt men tegenwoordig zeven hoofdafdeelingen in het dierenrijk aan. Daaronder zijn er 5, welke als ware hoofdtypen te beschouwen zijn, waarvan men dus met groote waarschijnlijkheid mag aannemen, dat zij als definitief vaststaande kunnen worden beschouwd. Evenzoo heeft men in alle talen 5 enkelvoudige klinkletters. Elk daarvan kan derhalve aan eene der bedoelde hoofdafdeelingen worden toegewezen, in dier voege, dat die letter den klank in elk der beide lettergrepen vormt. Tevens kan dan de geheele afdeeling daarnaar benoemd worden door den uitgang *res* met de letters te verbinden.

Gesteld dat b. v. *a* de klinkletter is, die aan de *Vertebrata* wordt toegewezen, dan worden deze *Ares*.

Ik zoude voorstellen de verschillende klinkletters op de volgende wijze te verdeelen.

Vertebrata	*a*	*Ares.*
Arthrozoa	*e*	*Eres.*
Mollusca	*i*	*Ires.*
Echinodermata	*o*	*Ores.*
Coelenterata	*u*	*Ures.*

Voor de beide nog overige, minder typische hoofdafdeelingen, de *Vermes* en de *Protozoa,* kan men voor elk een tweeklank

kiezen *). Het eenvoudigst komt mij voor, daartoe de hoogduitsche *ö* en *ü* te nemen, mits men zich dan gewenne de aan de Coelenteraten toegewezen *u* als ons *oe* of het fransche *ou* uit te spreken.

Men ziet dadelijk in, dat het reeds een groot gemak zoude opleveren, wanneer men door den klank van eenen geslachtsnaam ook onderrigt werd aangaande de hoofdafdeeling waartoe het geslacht behoort. Maar even gemakkelijk laat zich ook de klasse aanduiden. Dit kan geschieden door voor den klinker een daartoe gekozen medeklinker te plaatsen. Hierbij moet echter met eenig overleg worden te werk gegaan.

Het getal der klassen in de verschillende hoofdafdeelingen is niet groot. Het bedraagt 4 in die der *Vertebrata*, 3 in die der *Arthrozoa*, 2 in die der *Vermes*, 8 in die der *Mollusca*, 4 in die der *Echinodermata*, 3 in die der *Coelenterata*, en 6 in die der *Protozoa*. Het grootste getal der medeklinkers, welke derhalve tot aanduiding der klasse benoodigd zijn, bedraagt 8, meestal minder. Men kan dus uit de medeklinkers diegenen kiezen, welke in uitspraak het meest van elkander verschillen. Het is toch duidelijk, dat het bij namen, die niet enkel bestemd zijn om geschreven maar ook om uitgesproken te worden, wenschelijk is bij voorkeur geen letters te gebruiken, waarvan de uitspraak groote overeenkomst heeft. Zoo b. v. de *b* en de *p*, de *f* en de *v*, de *g* en de *ch*, de *d* en de *t*, de *m* en de *n*.

Hier komt echter nog iets anders bij. Door eene goede keuze der medeklinkers ontstaat tevens de gelegenheid van deze met eenen tweeden medeklinker te verbinden en dien laatsten te gebruiken tot aanduiding der onderklasse. Niet alle klassen zijn evenwel in onderklassen verdeeld, en waar dit wel het geval is, verschilt het aantal daarvan van 2 tot 6. Waar dit aantal het grootst is, zal men derhalve ter aanduiding der klasse dien medeklinker kiezen, welke het grootste aantal verbindingen met eenen tweeden medeklinker toelaat.

Als dubbele medeklinkers, die in elke taal beschikbaar zijn,

---

*) Het gebruik der *y* schijnt minder raadzaam, omdat deze wel als schriftteeken maar niet als klank van de lange *i* onderscheiden is.

om aan het begin van een lettergreep geplaatst te worden, kan men de volgende optellen:

bl, *br*;
cl, *cm*, *cn*, *cr*, *cs*;
chl, *chm*, *chn*, *chr*;
dl, *dr*;
fl, *fr*, *fn*;
gl, *gm*, *gn*, *gr*;
pl, *pn*, *pr*, *ps*;
sl, *sm*, *sn*, *sp*, *sch*, *schl*, *schr*;
tl, *tr*, *ts*;
vl, *vr*.

Men heeft dus de keus tusschen 10 medeklinkers tot aanduiding der klasse en onderklasse, d. i. meer dan genoeg om aan bovengestelde eischen te voldoen. Helderen wij dit wederom door een voorbeeld op.

Kiezen wij voor de

Mammalia	*p*.
Aves	c.
Reptilia	*f*.
Pisces	s.

De namen, waarmede men deze klassen aanduiden kan, worden dan *Pares*, *Cares*, *Fares*, en *Sares*.

Alleen de klasse der vogels vormt een zoo gesloten geheel, dat men haar niet gevoegelijk in onderklassen splitsen kan. Hunne geslachtsnamen eindigen derhalve alle op *ca*. Op onderstaande wijze kunnen nu in de drie andere klassen de onderklassen door eindlettergrepen worden aangeduid, en tevens daarnaar benoemd.

Mammalia, *Pares*.

Placentalia	*pla*	*Plares*
Didelphia	*pra*	*Prares*
Erpetodelphia	*psa*	*Psares*

Reptilia, *Fares*.

Monopnoa	*fla*	*Flares*
Dipnoa	*fra*	*Frares*

Pisces, Sares.

Dipnoi	*sla*	*Slares*
Teleostei	*spa*	*Spares*
Ganoidei	*sma*	*Smares*
Selachii	*scha*	*Schares*
Cyclostomi	*schla*	*Schlares*
Leptocardii	*schra*	*Schrares.*

Terwijl aldus in de eindlettergreep de hoofdafdeeling, de klasse en de onderklasse worden begrepen, kan een tweede daarvoor geplaatste lettergreep dienstbaar worden gemaakt aan de aanduiding van de orde en de familie. Wenschelijk komt het mij voor daarin dezelfde klinkletter te behouden als in de laatste lettergreep en wederom alleen verschillende medeklinkers te gebruiken, die tot aanwijzing der orde achter en tot aanwijzing der familie vóór de klinkletter geplaatst worden.

Het getal der orden in eene klasse wisselt tusschen 1 en 17. Waar de klasse niet in orden verdeeld is, daar bestaat geene reden om achter de klinkletter der voorste lettergreep nog een medeklinker te plaatsen. Het grootste getal der orden komt voor in de klasse der zoogdieren. Het zal derhalve voldoende zijn, om dezen als voorbeeld te gebruiken. Bij het kiezen der medeklinkers schijnt het raadzaam die orden, welke het grootste aantal geslachten en familiën tellen, door zulke medeklinkers aan te duiden, die in de uitspraak zich het scherpst van andere laten onderscheiden. Dit is in de volgende lijst in acht genomen, waarin de beide lettergrepen, behalve de hoofdafdeeling, de klasse en de onderklasse, nu ook de orde aanwijzen, en waarbij tevens de namen der orden gevoegd zijn.

Placentalia, Plares.

Bimana	*ampla*	*Amplares*
Quadrumana	*acpla*	*Acplares*
Dermoptera	*achpla*	*Achplares*
Carnivora	*aspla*	*Asplares*
Ruminantia	*afpla*	*Afplares*
Pachydermata	*atpla*	*Atplares*
Sirenia	*angpla*	*Angplares*

Cetacea	*appla*	*Applares*
Chiroptera	*axpla*	*Axplares*
Insectivora	*alpla*	*Alplares*
Rodentia	*arpla*	*Arplares*
Edentata	*altpla*	*Altplares*

Didelphia, Prares.

Sarcophaga	*arspra*	*Arsprares*
Syndactylina	*afspra*	*Afsprares*
Pedimana	*atspra*	*Atsprares*
Glirina	*alspra*	*Alsprares*

Erpetodelphia, Psares.

Monotremata	*apsa*	*Apsares.*

Wat de familiën betreft, zoo bedraagt haar grootste aantal in eene orde 36, namelijk in de orde der *Gasteropoda prosobranchia*. Hier en elders, waar het getal te groot is, moet men derhalve ook zijne toevlugt nemen tot dubbele medeklinkers, daar de enkelvoudige niet toereikend zijn. Voor verreweg de meeste orden is dit echter wel het geval. Ook hier zal men wel doen met voor de vormenrijkste familiën ook die medeklinkers te bezigen, welke het scherpst en duidelijkst klinken.

Kiezen wij als voorbeeld de orde der *Rodentia*, welke 11 familiën bevat.

Rodentia, Arplares.

Sciurina	*larpla*	*Larplares*
Castorina	*carpla*	*Carplares*
Arvicolina	*sarpla*	*Sarplares*
Murina	*rarpla*	*Rarplares*
Georychina	*farpla*	*Farplares*
Dipodia	*marpla*	*Marplares*
Muriformia	*tarpla*	*Tarplares*
Hystricina	*harpla*	*Harplares*
Cavina	*parpla*	*Parplares*
Eryomyina	*charpla*	*Charplares*
Leporina	*darpla*	*Darplares.*

In het geheel heeft men 47 enkelvoudige en dubbele medeklinkers ter beschikking om vóór de eerste of tweede lettergreep geplaatst te worden, en 34 die de eerste kunnen sluiten. Alle mogelijke combinatiën te zamen bedragen dus 47 × 47 × 34 d. i. 75106 of even zoo vele tweelettergrepige woorden, met steeds gelijke klinkletters, en meer dan een half millioen, wanneer de zeven bovengenoemde klinkletters elk voor zich op gezegde wijze met de medeklinkers verbonden worden.

Men ziet dat de voorraad groot genoeg is, om daaraan uitgangen voor geslachtsnamen te ontleenen, zelfs wanneer de zucht tot het vormen van nieuwe geslachten nog merkelijk mogt toenemen. Het gevolgde stelsel brengt echter mede dat die voorraad van zelf eene meer beperkte is, omdat het getal der klassen, onderklassen en orden steeds kleiner is dan het getal der werkelijk beschikbare medeklinkers Toch is het nog veel grooter dan noodig is. Voor de zoogdieren, met 3 onderklassen en 17 orden bedraagt het 3 × 17 × 47 of 2397, d. i. ruim 38 maal het getal (62) der familiën, die benoemd moeten worden.

De geslachtsnamen eindelijk kunnen op gelijke wijze worden gevormd door vóór de beide lettergrepen nog eene derde te plaatsen. Zij kan uit eene enkele of dubbele klinkletter of wel uit deze in verband met een enkelvoudigen of dubbelen medeklinker bestaaan. Behalve de 7 boven reeds genoemde klinkers, heeft men nog: *au*, *ui*, *ou*, *ai*, *ei*, *ea*, *ae*, *ia*, *iu*, *io*, *ea*, *y*, derhalve in het geheel 19 door verschillende schriftteekens aangeduide klanken. Door deze letters op zich zelve of verbonden met een medeklinker te gebruiken, verkrijgt men 19 × 47 × 19 d. i. 927 verschillende lettergrepen, die tot onderscheiding der geslachten kunnen dienen. Met uitzondering welligt van enkele insektenfamilien (b. v. de *Curculionides*, de *Cerambycidae*) behoeven de geslachtsnamen derhalve nimmer uit meer dan drie lettergrepen te bestaan, en zeer zamengestelde woorden, gelijk er onder de thans in gebruik zijnde geslachtsnamen voorkomen, als b. v. *Marsupiocrinites*, *Pseudo-hypophthalmus*, *Acanthochiasma*, *Diaphanocephalus* enz., kunnen geheel vermeden worden.

Intusschen zoude het zijne nuttige zijde hebben, indien men de oude geslachtsnamen geheel of gedeeltelijk in de nieuwe com-

binatiën kon opnemen, mits dat het getal der lettergrepen daardoor niet boven drie of hoogstens vier klimt. Helderen wij dit wederom door een voorbeeld op. De uitgang *larpla* duidt onder de *Rodentia* of *Arplares* alle *Sciurina* aan. Nu kunnen de geslachten *Sciurus, Pteromys*, *Spermophilus*, *Arctomys*, *Tamias*, *Myoxus* de namen ontvangen van: *Sciularpla*, *Pterolarpla*, *Spermolarpla*, *Arctolarpla*, *Tamilarpla*, *Myolarpla.* Van andere namen daarentegen, zooals: *Anomalurus*, *Eliomys*, *Muscardinus*, laat zich moeijelijker een gedeelte met denzelfden uitgang verbinden, zonder tot vijf lettergrepen te klimmen, en dan doet men, naar het mij voorkomt, beter met deze door nieuwe geslachtsnamen te vervangen, b. v. door: *Alarpla, Elarpla*, *Mularpla*, waarin alleen de beginletters behouden zijn.

Het gezegde zal, vertrouw ik, voldoende zijn, tot toelichting van het voorgestelde plan van nomenclatuur en tevens om te doen zien dat het werkelijk uitvoerbaar is. Er zijn echter daartegen nog eenige bezwaren, waarover ik ten slotte nog een woord zal zeggen, om te trachten ook deze uit den weg te ruimen.

Vooreerst zoude men bezwaar kunnen hebben tegen het eindigen van alle geslachtsnamen met een klinkletter. Tot dusverre is alleen de *a* als zoodanig in menigvuldig gebruik, en voor de *Vertebrata* of *Ares* bestaat er dan ook geene reden, waarom men niet alle geslachtsnamen met die letter zoude laten eindigen. Hoewel zeldzamer, komen toch ook de *e* en de *o* op het einde van geslachtsnamen voor, b. v. de eerste in *Hapale, Penelope*, *Alcyone*, *Mene, Clepsine*, *Eunice* enzv., de tweede in *Homo*, *Gulo*, *Carbo*, *Salmo*, *Aspredo*, *Loligo*, *Curculio,* enzv. Men zoude dus ook deze letters als slotletters kunnen gebruiken, zonder al te veel tegen het gebruik te zondigen. Anders is het echter met de klinkletters *i*, *u*, *ö*, *ü*, die tot aanduiding der overige hoofdafdeelingen zijn voorgesteld. Deze komen tot dusverre bij geslachtsnamen nergens als slotletters voor. Om zich derhalve hierin eenigermate naar het bestaande gebruik te schikken, kan men er een *s* achter plaatsen, en zoo worden dan de uitgangen *is*, *us*, *ös* en *üs.* Ook voor de *e* schijnt dan zulk eene bijvoeging geraden, tenzij men zich gewenne haar altijd als eene scherpe *é* uit te spreken en ook als zoodanig te schrijven.

Eene tweede bedenking zoude welligt geopperd kunnen worden tegen het te geringe verschil in klank der eindlettergrepen, waardoor men voor verwarring van namen te vreezen zoude hebben. Ik geloof echter dat die vrees ongegrond is. De scheikundigen drukken door C, H, O en N en de achter elke letter gevoegde cijfers de zammenstelling uit van tallooze stoffen, zonder dat hij, die zijne aandacht daarop behoorlijk vestigt, gevaar loopt door die zeer op elkander gelijkende formules in de war te worden gebragt ; en zoo zouden, naar ik meen, ook de zoologen, indien eenmaal dit of een ander algemeen stelsel van nomenclatuur was ingevoerd, van die overeenkomst der tot lettergrepen verbonden letters, die als het ware de formules der diervormen zijn, geene verwarring te vreezen hebben. Overigens behoeft men slechts een alphabetisch register van geslachtsnamen in te zien om te bespeuren dat er reeds nu zeer vele onder zijn, die weinig van elkander verschillen. Alleenlijk duiden deze dan geheel van elkander verschillende diervormen aan en maken dus de misleiding nog veel grooter.

In de derde plaats kan tegen de voorgestelde nieuwe namen worden aangevoerd, dat zij weinig welluidend klinken. Gaarne erken ik dat de harde medeklinkers, die men juist met opzet kiezen zal om het verschil in klank duidelijk te doen uitkomen, ook aan de namen iets hards en scherps geven. Het komt mij echter voor dat, hoewel de euphonie ook hare regten heeft, zij toch bij eene wetenschappelijke nomenclatuur niet in de eerste plaats in aanmerking komt Overigens kan men, door niet meer dan volstrekt noodzakelijk is, van dubbele en vooral van al te scherpe medeklinkers gebruik te maken, daaraan te gemoet komen. In verreweg de meeste gevallen zijn onderklassen overbodig, zoodat men, in plaats van een dubbelen medeklinker vóór de tweede lettergreep, eenen enkelen kan gebruiken, en zelfs zoude men, zonder inbreuk te maken op het stelsel, dit in alle gevallen kunnen doen en zoo b. v. de namen van alle zoogdierengeslachten op *pa* laten eindigen, omdat het verschil reeds genoegzaam door de eindletters der eerste lettergreep, die de orde aanwijzen, is uitgedrukt. Voor het gemak en de meerdere duidelijkheid zoude ik echter de drie voorgestelde eindlettergrepen *pla*, *pra* en *psa* wenschen te behouden.

Veel gewigtiger is een derde bezwaar, zoo gewigtig zelfs dat daarop waarschijnlijk de invoering zoowel van deze als van elke andere stelselmatige nomenclatuur nog lang zoo niet altijd zal afstuiten. Ik bedoel de omstandigheid dat de stelselmatige rangschikking zelve, waarvan de nomenclatuur de zigt- en hoorbare uitdrukking moet zijn, geenszins vaststaat en vermoedelijk wel nooit vaststaan zal, omdat men bij de rangschikking altijd van verschillende gezigtspunten kan uitgaan en er geen enkele rangschikking zelfs mogelijk is, die niet in sommige opzigten althans door eene andere overtroffen wordt. Het zal wel ter naauwernood behoeven gezegd te worden dat ik, omdat ik, bij de toepassing van het nieuwe stelsel van nomenclatuur, mij aan de in mijn Leerboek gevolgde rangschikking gehouden heb, deze toch geenszins als onverbeterlijk beschouw. Ik geloof integendeel dat elke rangschikking en dus ook deze hare goede en hare zwakke zijden heeft, en dat dit wel altijd zoo blijven zal. Indien men de invoering van een meer rationeel stelsel van nomenclatuur wilde uitstellen tot aan het tijdstip, waarop alle zoologen het eens zullen zijn aangaande de begrenzing en het getal der klassen, orden en familiën, dan zoude men die invoering *ad calendas graecas* moeten verschuiven. Het voorbeeld der scheikundigen leert ook hier, dat er, bij behoud der algemeene beginselen, toch eene zekere mate van vrijheid kan blijven bestaan, die wijzigingen veroorlooft, wanneer deze blijken noodzakelijk te zijn geworden. Eene nomenclatuur, waardoor de wetenschap binnen een vast keurslijf wordt geperst, dat hare verdere vrije ontwikkeling belemmert, zoude zonder twijfel schadelijk zijn. Maar het vroeger gezegde aangaande de ruime keus uit de talrijke mogelijke combinatiën, waarover men te beschikken heeft, doet zien dat men daarvoor niet te vreezen heeft, en dat men integendeel bij veranderde aanschouwingen, ten gevolge van nieuwe ontdekkingen, zeer gemakkelijk de namen dienovereenkomstig wijzigen kan.

OVER DEN

WEDERSTAND VAN IJS TEGEN VERBRIJZELING

DOOR

G. VAN DIESEN.

Medegedeeld in de gewone vergadering van 28 Januarij 1871.

Bij de berekening der stabiliteit van een brugpijler deed zich de behoefte gevoelen aan kennis van den wederstand, dien ijs kan bieden tegen verbrijzeling.

Ten einde daarvan iets te weten te komen, liet ik in Januarij 1864 te Kuilenburg op teerlingen en prisma's ijs proeven nemen, terwijl het vroor, en dus het ijs ondersteld kon worden de grootste hardheid te bezitten *).

Die proeven zijn genomen den 7de en den 8ste der genoemde maand door den ingenieur J. H L. A. ZIEGENHIRT VON ROSENTHAL, destijds werkzaam bij den aanleg der Staatsspoorwegen, thans leeraar aan de Rijks hoogere burgerschool te Zalt-bommel.

Daar de kennis van den bij die proeven bevonden wederstand, waarvan, zoover mij bekend is, tot nog toe geene opgaven bestaan, ook voor andere doeleinden welligt van eenig nut kan zijn, heb ik gemeend mij eene korte mededeeling van de uitkomst te mogen veroorloven

Het ijs, dat voor de proeven werd gebezigd, was volkomen gaaf rivierijs, zonder inwendige scheuren en volmaakt doorschijnend. Uit dat ijs werden de stukken, die aan de drukking moesten worden onderworpen, gezaagd.

Men lette naauwkeurig op het kiezen van blokjes, die scherpe niet afgebrokkelde kanten hadden.

*) Op Sonnenburg was de temperatuur in graden van CELSIUS:

	v.m. 8 u.	n.m. 2 u.	's av. 10 u.	max.	min.
7 Januarij 1864	— 10	— 3.0	— 8.3	— 2.9	— 10.6
8 " "	— 10.6	— 2.8	— 3.2	— 2.0	— 10.8

Den vijfden was het iets kouder. De temperatuur te Maastricht kwam op tiende deelen na overeen met die te Utrecht.

Het te beproeven blokje ijs werd tusschen twee stukken hardsteen geplaatst en, door het aanbrengen van gewigten in een houten bak op het bovenste stuk, toenemend gedrukt. De toeneming van druk had plaats met 20 tot 30 kg.

De rigting der drukking was bij allen dezelfde en wel loodregt op het vlak, dat evenwijdig had geloopen aan den waterspiegel.

Het gewigt van 10 kg. van den steen is in de opgegeven belasting begrepen.

Acht teerlingen en prisma's zijn op die wijze aan de drukking onderworpen geworden, die in onderstaande tabel tegelijk met de afmetingen der stukken wordt opgegeven.

Volgnummer.	Afmetingen.				Belasting.		Aanmerkingen.
	Lengte.	Breedte.	Hoogte of dikte.	Grondvlak aan de belasting onderworpen.	In het geheel.	Op den vierkanten Decim. van het grondvlak.	
	M.	M.	M.	dM².	K.G.	K.G.	
1	0.10	0.10	0.10	1	494.5	494.5	
2	0.10	0.10	0.10	1	506.5	506.5	
3	0.28	0.15	0.10	4.2	1948	464.	Van des namiddags vier tot den volgenden morgen tien uur bleef het prisma onder de belasting volkomen gaaf en ongeschonden, zonder barsten en zonder verlies van doorschijnendheid. De belasting werd niet voortgezet.
4	0.05	0.05	0.05	0.25	153	612	
5	0.10	0.10	0.10	1	521	521	
6	0.125	0.125	0.10	1.56	852	546	
7	0.125	0.125	0.05	1.56	1145	735	
8	0.10	0.10	0.05	1	721	721	

Behalve bij proef N°. 3 had bij al de proeven verbrijzeling plaats van het ijs onder de drukking voortgebragt door de bovenstaande belasting.

Uit de waarnemingen blijkt dat ijs goed kan weerstaan een drukking van 464 KG. per dM^2; dat het ook aan grootere drukkingen wederstand kan bieden, daar zelfs bij een der proeven eerst verbrijzeling intrad onder een drukking van 735 KG. per dM^2; dat bij deze en bij de proef N°. 8, die een wederstand van 721 KG. vertoonde, de dikte geringer was dan bij de meeste andere proeven en ook geringer dan de andere afmetingen.

Een zuil van ijs zal. dus welligt den vertikalen druk niet kunnen weerstaan, die bij de proeven N°. 7 en 8 is waargenomen.

Hieruit zou dan de gevolgtrekking kunnen worden gemaakt, dat ijs steil opgestapeld b. v. tot een ijsberg geen grootere hoogte zou kunnen bereiken dan van $\frac{735}{0.94}$ dM. dat is van 78 M.; het spec. gewigt van ijs aannemende op 0.94.

Bij grooter hoogte zou de voet door de drukking van het ijs zelf worden verbrijzeld.

Het is zeer mogelijk en zelfs waarschijnlijk dat in werkelijkheid de wederstand van ijs meer bedraagt dan die, welke bij de proeven werd gevonden, aangezien allerlei omstandigheden bij de proeven de verbrijzeling kunnen bespoedigd hebben, zoo als de onvermijdelijke ongelijkmatigheid van drukking, de geringe grootte der stukken waartoe men zich moest beperken en de beschadiging, die door de uitzaging reeds aan de beproefde stukken kan zijn toegebragt.

De medegedeelde proeven waren voldoende om tot de destijds gewenschte kennis te komen.

Eene herhaling der proeven op meer uitgebreiden voet is aan te bevelen; daarbij zou ook de wederstand tegen drukking in eene andere rigting, b. v. evenwijdig aan het vlak van bevriezing kunnen worden onderzocht.

BIJVOEGSEL.

Spoediger dan ik verwachtte, na mededeeling van het vorenstaande, kwam ik in het bezit van nieuwe opgaven omtrent den weerstand van ijs, ontleend aan proeven, genomen te 's Bosch in de eerste dagen van Februarij van dit jaar. Die proeven werden genomen met een hefboomtoestel, waarmede sterker druk kon worden uitgeoefend dan met de inrigting van 1864 en waarmede langzame vermeerdering van kracht zonder verandering der plaats van de resultante der drukking kon geschieden.

Deze gunstige omstandigheid is zeker de oorzaak van de bij deze proeven verkregen uitkomst, die veel grooter wederstand van het ijs aangeeft dan bij de eerste proevem werd verkregen.

Door de zwaarte van den hefboom, die tot verbrijzeling van harde bouwstoffen was ingerigt, bezweken echter vele teerlingen, die tot vergelijking bij voorkeur van 10 cM zijde werden genomen, reeds onder den druk van den hefboom zelf, zoodat daarvan de juiste weerstand niet bekend werd. De waargenomen sterkte van de overige schijnt dus wel als een maximum te kunnen worden beschouwd.

Opmerkelijk is het, dat, niettegenstaande het uiteenloopen van de uitkomsten, ten aanzien van één zaak deze proeven altijd in denzelfden zin verschil aanduiden. Zij geven namelijk een grooteren wederstand te kennen tegen eene kracht loodregt op het bevriezingsvlak dan tegen eene daarmede evenwijdig.

Het verslag van den ingenieur Jhr. E. J. DE SAVORNIN LOHMAN, die deze proeven bestuurde, volgt hier in zijn geheel.

UITKOMST VAN DE PROEVEN OP IJS, GENOMEN TE 'sBOSCH IN FEBRUARIJ 1871.

De proeven zijn gedaan met het werktuig dat gediend heeft voor het beproeven van ijzer enz. te Kuilenburg.

De gewigtsbak is niet gebruikt; de gewigten zijn aan het eind der balans gehangen; de afstand der messen was 30 cM.

Het ijs is in teerlingvormen gezaagd en deze zijn gedrukt ten deele in de rigting loodregt op het watervlak, d. i. op hun plat, ten deele in de rigting evenwijdig aan het watervlak of op hun kant.

Proeven op 4 en 5 Februarij.

Het ijs had een dikte van 28 cM en daaruit zijn teerlingen van 20 cM³ gezaagd.

Er werd geen aanteekening van de temperatuur gehouden: het was dooiweer.

Teerlingen op hun plat.

N⁰.	Gewigt aan het einde der balans. K G.	Geheele druk in K.G. op het ijs.	Druk in K.G. per dM².
1	209	4999	1250
2	242	5444	1361
3	284	6009	1502
4	264	5740	1435
5	270	5820	1455
		Gemiddeld	1401

Teerlingen op hun kant.

6	105	3599.5	900
7	224	5201	1300
8	259	5672	1418
9	259	5672	1418
10	180	4609	1152
		Gemiddeld	1238

Proeven op 9 en 10 Februarij.

De teerlingen hadden slechts 10 cM zijde; de bedoeling daarvan was, den invloed van de grootte der afmetingen na te gaan. Door de dooi was het ijs zooveel verminderd, dat veel grootere teerlingen dan van 10 cM³ van gaaf ijs er moeijelijk uit konden gezaagd worden.

Proeven op 9 *Februarij, bij eene temperatuur van* 33° F. *van het ijs en* 40° id. *in de lucht.*

Teerlingen op hun plat.

N°.	Gewigt aan het einde der balans.	Druk in K.G. per dM².
	K.G.	
11	175	4542
12	125	3869
13	50	2859
14	125	3869
15	160	4340
	Gemiddeld	3896

Teerlingen op hun kant.

16	100	3532
17	100	3532
18	125	3869
19	75	3196
20	100	3532
	Gemiddeld	3532

Proeven op 10 *Februarij, bij een temperatuur van* 24° F. *van het ijs en* 23° id. *in de lucht.*

Teerlingen op hun plat.

N°.	Gewigt aan het einde der balans.	Druk in K.G. per dM².
	K.G.	
21	185	4676
22	150	4205
23	100	3532
24	100	3532
25	50	2859
	Gemiddeld	3761

Teerlingen op hun kant.

N⁰.	Gewigt aan het einde der balans. K.G.	Druk in K.G. per dM^2.
26	100	3532
27	80	3263
28	75	3196
29	65	3161
30	50	2859
	Gemiddeld	3202

De temperatuur van het ijs werd waargenomen door den thermometer te plaatsen in de stukken ijs, die bij het uitzagen van de teerlingen overbleven.

De temperatuur in de lucht was die in de open locomotievenloods, waarin de proeven genomen zijn.

Dat de teerlingen van 10 cM^3 zooveel meer per dM^2 droegen dan die van 20 cM^3 is waarschijnlijk behalve aan hun mindere hoogte daaraan toe te schrijven, dat van de teerlingen van 20 cM^3 het buitenste ijs ten gevolge van den dooi lang zooveel weêrstand niet bood als het binnenste.

Uit de proeven op 9 en 10 Februarij schijnt te volgen dat het ijs bij dooiweder eenigzins sterker is dan bij vorst; bij vorst springen de deeltjes eer uit elkander.

Behalve de opgegeven proeven waren er ruim 30 teerlingen van 10 cM^3 die bij het neêrlaten der balans verbrijzeld zijn geworden, zoodat hun weêrstand minder moet geweest zijn dan 2186 K.G , welken druk de balans zelf er op uitoefende.

De adjunct ingenieur,

E. J. DE SAVORNIN LOHMAN.

OVER DE TEMPERATUURSBEPALINGEN

IN **REGNAULT'S** ONDERZOEK

VAN DE

SPANNINGEN VAN WATERDAMP.

DOOR

J. BOSSCHA, Jr.

Voorgedragen in de Gewone Vergadering van 25 Febr. 1871.

De classieke arbeid van REGNAULT: *des Forces élastiques de la vapeur d'eau aux différentes températures*, heeft aanleiding gegeven tot pogingen van verschillende natuurkundigen om eene formule te vinden, die zoo nauwkeurig mogelijk de wet uitdrukt, volgens welke de spanning van verzadigden stoom met de temperatuur verandert. REGNAULT zelf heeft uit zijne waarnemingen zulk eene formule afgeleid en verschillende tafels gegeven, waarin de spanningen van den waterdamp bij onderscheidene temperaturen, berekend volgens de door hem aangenomene wet, zijn opgeteekend. Maar ten aanzien van de bepaling der constanten, welke in die formule voorkomen, en van de waarde der tafels als de nauwkeurige uitdrukking van de uitkomsten der proeven, gelden nagenoeg dezelfde opmerkingen, die ik in een vorig opstel *) over de uitzetting van kwik maakte. De gegevens, waarop de formule berust, zijn ontleend aan vijf punten van eene uit de hand getrokkene kromme lijn, die zooveel mogelijk overeenkomstig de waarnemingen de betrekking voorstelt van de als ordinaten voorgestelde spanningen

*) Over de ware uitzetting van kwikzilver volgens de waarnemingen van REGNAULT, *Verslagen en Mededeelingen*, Afdeeling Natuurkunde. 2de Reeks. Deel IV.

tot de temperaturen als abscissen. Slechts enkele waarnemingen bij weinig verschillende temperaturen hebben invloed gehad op de plaats dier punten, een invloed, waarvan het bedrag wegens het willekeurige, dat eene uit de hand getrokkene kromme lijn bezit, niet juist is te bepalen. Eene vergelijking van de uitkomsten der waarneming bij elke temperatuur met de spanning, welke volgens de formule van REGNAULT bij die temperatuur moet plaats vinden, ware om die reden zeer wenschelijk. De verhandeling van REGNAULT geeft daaromtrent echter weinig licht. De lezer wordt verwezen naar een der platen (planche VIII) waarop de kromme lijn, welke door de formule wordt voorgesteld, is afgebeeld en waarop de punten, welke de gegevens der waarnemingen opleveren, werden aangeteekend met behulp van een micrometrischen toestel, die veroorloofde bij deze plaatsbepaling eene nauwkeurigheid van meer dan $^1/_{100}$ millim. te bereiken. Om te beoordeelen, of de waarnemingspunten met voldoende nauwkeurigheid zich bij de kromme lijn aansluiten, wordt dus een buitengewoon scherp onderzoek van plaat VIII vereischt, dat dan nog niet eens volledig is, want slechts ongeveer een derde der waarnemingen is op de plaat voorgesteld.

REGNAULT merkt zelf omtrent de overeenstemming van waarneming en berekening het volgende aan (p 580):

„Si l'on fait passer une courbe par tous les points obtenus dans *une même série d'expériences*, on reconnaît, à sa continuité parfaite, que les erreurs accidentelles des observations ne peuvent être qu'extrêmement petites. Mais si l'on exécute la même construction sur *les diverses séries d'expériences* qui ont été faites dans la même région de température, on remarque que ces courbes se superposent rarement d'une manière absolue; le plus souvent elles sont séparées sensiblement, quoique toujours d'une quantité extrêmement petite. Cette circonstance annonce l'existence de très-petites erreurs constantes, qu'il est impossible d'éviter complètement, parce qu'elles sont produites par les variations des points fixes des thermomètres et ces variations surviennent pendant le cours même des expériences.”

De natuurkundigen, die andere formulen voor de spanning van waterdamp voorstelden, hebben zich meestal vergenoegd met de overeenstemming aan te toonen tusschen hunne formule

en de tafels van REGNAULT, welke aldus door hen als de nauwkeurigste uitdrukking van de spanningswet worden aangemerkt. Voor zoover mij bekend is, heeft slechts één schrijver een anderen weg ingeslagen. In de *Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig*, vindt men eene verhandeling van Dr. F. KESSLER, waarin de verschillende formulen regtstreeks bij de waarnemingen van REGNAULT worden vergeleken. De heer KESSLER heeft den arbeid ondernomen, voor elke door REGNAULT waargenomen temperatuur, door interpolatie uit de hierboven vermelde tafels, de spanning van den stoom te berekenen en die te vergelijken bij de werkelijk waargenomene. De verkregen verschillen tusschen waargenomen en berekende spanning werden tot temperatuursverschillen herleid en als ordinaten op eene volgens opklimmende temperaturen verdeelde abscissenas in teekening gebracht. Daar voor elk tiende deel van een graad de ordinaten eene lengte van twee centimeter hebben, kan men zonder moeite het algemeen beloop van de afwijkingen der waarnemingen volgen, en zoo blijkt dan, dat niet alleen de verschillen van elke serie ten opzichte van andere seriën, gelijk reeds REGNAULT opmerkte, min of meer eenzijdig zijn, maar dat ook, hetgeen REGNAULT niet vermoedde, in de gemiddelde afwijking van waarneming en berekening een regelmatige gang bestaat, die aantoont dat REGNAULT's formule onvoldoende is. De Heer KESSLER heeft eene nieuwe formule berekend, die met zeer groote nauwkeurigheid aan de waarnemingen voldoet.

Sedert dien tijd is echter gebleken, dat de waarnemingen van REGNAULT eene verbetering behoeven, wegens de verwaarloosde afwijking van den kwikthermometer en den luchtthermometer tusschen 0° en 100°. Over het vermoedelijk bedrag dezer verbetering voor de kwikthermometers, in deze onderzoekingen gebruikt, heb ik reeds in een ander opstel *) ter loops gehandeld. Een opzettelijk onderzoek heeft mij thans tot eenige gevolgtrekkingen geleid, welke mij niet zonder belang schijnen.

In de drie reeksen van waarnemingen x, y en z door RE-

---

*) *Note concernant les observations* de Mr. REGNAULT sur la lettre adressée à *l'Académie des Sciences de l'Institut de France. Archives Néerlandaises.* T. IV.

GNAULT met zijnen grooten toestel bij hooge temperaturen volbracht, werden ter bepaling van de temperatuur van den stoom tegelijkertijd de luchtthermometer en twee kwikthermometers n°. 0 en n°. 10 waargenomen. De aanwijzingen van de kwikthermometers hebben echter tot niets anders gediend dan tot het berekenen van een formule en het afteekenen eener kromme lijn, welke de spanning van den stoom uitdrukken in functie van de temperatuur door deze werktuigen aangeduid. Hieromtrent merkt echter REGNAULT terecht op: „Cette formule a moins d'importance que la précédente; elle n'est utile que pour relier entre elles les observations que j'ai faites par rapport à ce thermomètre; mais elle ne peut avoir aucune valeur absolue, car un observateur ne sera jamais certain que son thermomètre à mercure s'accorde rigoureusement avec ceux qui ont servi dans mes expériences."

De algemeen aangenomene uitkomsten van REGNAULT berusten dus enkel op de waarnemingen van den luchtthermometer. Maar men overtuigt zich gemakkelijk, dat alle waarnemingen met dit werktuig volbracht in elke serie weder afhankelijk zijn van eene enkele meting, te weten: de bepaling van het vaste punt van den luchtthermometer. De spanning, die de lucht in dit werktuig bij de temperatuur van kokend water bezit, wordt als standvastige reductiefactor voor alle andere waarnemingen derzelfde serie gebezigd. Het bedrag dier spanning wordt bepaald door de hoogte van den barometer en die van den manometer. Op bladz. 69 *) van zijne verhandeling over de uitzetting van gassen zegt REGNAULT: „Je ne crains pas d'exagérer en posant en fait, qu'on ne peut par répondre d'une mesure barométrique à plus de $^1/_{10}$ de millimètre, quelque perfectionnés que soient d'ailleurs les appareils de mesure." Hetzelfde zal wel toepasselijk zijn op de metingen van de manometerhoogte, waarbij men met dezelfde moeielijkheden te kampen heeft. Nu staat een fout in de waargenomen spanning van 0,25 mm. reeds gelijk met eene fout van 0°,1 in temperatuur, welke op de hoogere temperaturen nog eenigszins vergroot overgaat. Er kunnen dus allicht tusschen de waarnemingen van de onderscheidene seriën nagenoeg standvastige verschillen be-

*) *Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.* Tome XXI.

staan, die tot belangrijke onnauwkeurigheid in de uitkomst aanleiding geven, vooral wanneer men, gelijk REGNAULT gewoon is, bij voorkeur gewicht hecht aan de gegevens van eene der seriën. Bij de berekening van de ware uitzetting van kwik volgens de proeven van REGNAULT, viel ons reeds het standvastig verschil tusschen de twee eerste en de twee laatste seriën duidelijk in het oog.

Het kwam mij voor, dat men de waarnemingen van de kwikthermometers, in de seriën x, y, z, welke tot nu toe zoo goed als verloren waren, met vrucht zou kunnen aanwenden om het bedrag van eene fout in de constante van den luchtthermometer te bepalen. De gang van den kwikthermometer van kristalglas vergeleken bij dien van een luchtthermometer bleek mij vroeger zeer standvastig te zijn en met groote juistheid te kunnen worden voorgesteld door een parabool, welke de abscissenas, waarop de temperaturen van den luchtthermometer geteld worden, in de punten 0 en 100 snijdt, en waarvan de as in het punt 50 loodrecht staat op de abscissenlijn. Door eene enkele constante wordt dus het verschil in aanwijzing van den kristalglas-thermometer en den luchtthermometer bepaald. Wordt nu bovendien eene fout in den reductiefactor van den luchtthermometer aangenomen, dan kunnen reeds uit twee waargenomen verschillen tusschen den luchtthermometer en den kwikthermometer de parameter van de parabool, die den gang van den kwikthermometer voorstelt, de fout van den luchtthermometer en mitsdien ook de afwijking van beide werktuigen bij elke temperatuur gevonden worden. De invloed van eene fout van de constante des luchtthermometers zal in het algemeen slechts weinig grooter zijn dan die der toevallige fout, welke elke temperatuurswaarneming op zichzelve oplevert. Om haar dus met eenige zekerheid te bepalen zal men een groot aantal waarnemingen behoeven.

Tot dit doel heb ik van alle waarnemingen, door REGNAULT in de seriën x, y en z opgeteekend, gebruik gemaakt. De gemiddelde verschillen e van den kwikthermometer en den luchtthermometer bij de temperatuur t werden voor zes of zeven temperaturen, welke bij geheele vijf- of tientallen opklimmen, bepaald en met de waarden van t gesubstitueerd in de vergelijking:

$$e = \frac{t(t-100)}{2500}\,\varepsilon - \left(1 + \frac{t-100}{372}\right) a,$$

waarin ε de afwijking van den kwikthermometer met den verbeterden luchtthermometer bij 50° en a de fout voorstelt van de constante van den luchtthermometer uitgedrukt in honderddeelige graden. Is namelijk T de absolute temperatuur — van 272 af geteld — van het waargenomen kookpunt, P de spanning van de lucht in den luchtthermometer bij T, P′ die bij T′, dan is, wanneer ter bepaling van den invloed der correctie de uitzetting van het glas en het volume der lucht in de verbindingsbuizen buiten rekening blijven,

$$\frac{P}{T} = \frac{P'}{T'},$$

en dus

$$\delta T' = \frac{T'}{372}\,\delta T = \left(1 + \frac{t-100}{372}\right)\delta T.$$

Het onderzoek van de onderlinge afwijking der beide thermometers n°. 0 en n°. 10 leerde, dat hun verschil van toevalligen aard was, wellicht het gevolg van de omstandigheid, dat de thermometers niet altijd in gelijke mate aan de warmte van den stoom waren blootgesteld. Op het voorbeeld van REGNAULT werd dus uit de aanwijzingen dier werktuigen steeds het midden genomen.

Men verkreeg aldus voor de waarschijnlijkste waarde van ε en a uit reeks x:

$$\varepsilon = 0{,}158$$
$$a = +\,0{,}11\,;$$

uit reeks z:

$$\varepsilon = 0{,}174$$
$$a = +\,0{,}04.$$

De waarden van ε en a lieten zich uit de waarnemingen van de reeks y niet met de noodige scherpte afzonderen. In deze reeks ontbreken namelijk de waarnemingen bij temperaturen lager dan 160°. Nu is alleen bij dezen de invloed van den tweeden term van het tweede lid der vergelijking voor e van eenig gewicht ten opzichte van dien van den eersten term. De beide vergelijkingen, die naar de methode der kleinste quadraten ter

bepaling van ε en a uit de waarnemingen der serie y worden opgemaakt, verkrijgen daardoor nagenoeg evenredige coefficiënten, die de oplossing onzeker maken. Om ε en a te vinden werd mitsdien de volgende weg ingeslagen.

De waarde van ε hangt enkel af van de schijnbare uitzetting van kwik in het glas des thermometers, zij moet dus een standvastig bedrag hebben; om deze reden werd het gemiddelde uit de reeksen x en z, namelijk

$$\varepsilon = 0,166,$$

als de waarschijnlijkste waarde aangemerkt. Deze waarde gesubstitueerd in de gezamenlijke vergelijkingen van de reeks y gaf nu voor de fout van den luchtthermometer in deze serie het bedrag

$$a = + 0,10.$$

Met de verkregen waarden, te weten:

$\varepsilon = 0,166$ voor alle seriën,
$a = 0,11$ voor serie x en y,
$a = 0,04$ voor serie z,

werden nu de ware temperaturen van elke proef op tweeërlei wijze berekend, namelijk 1°. uit de aanwijzing van den luchtthermometer; 2°. uit het gemiddelde van de aanwijzingen der kwikthermometers. Daartoe werd de aanwijzing van den luchtthermometer verminderd met

$$\left(1 + \frac{t - 100}{372}\right) a,$$

die der kwikthermometers verminderd met

$$\frac{t\,(t - 100)}{2500}\,\varepsilon.$$

De vergelijking van de beide dus verkregene waarden stelt dan in staat een oordeel op te maken over de juistheid der voorgestelde verbetering en de nauwkeurigheid der waarnemingen.

De uitkomst is in de volgende tabel opgenomen.

VERBETERDE TEMPERATUREN VAN DEN LUCHTTHERMOMETER VAN REGNAULT.

	Berekend uit Luchtthermom.	Kwikthermom.	Verschil.	Midden.
Serie *x*.				
N°. 1	99,75	99,75	0,00	99,75
2—3	125,59	125,57	— 0,02	125,58
4—5	134,39	125,43	+ 0,04	134,41
6—7	138,86	138,81	— 0,05	138,83
8—9	145,14	145,11	— 0,03	145,12
10—11	149,44	149,40	— 0,04	149,42
12—13	153,77	153,76	— 0,01	153,76
14—15	157,19	157,15	— 0,04	157,17
16—17	161,03	161,03	0,00	161,03
18—19	163,70	163,68	— 0.02	163.69
20—21	167,27	167,27	0,00	167,27
Serie *y*.				
N°. 1	99,92	99,92	0,00	99,92
2—5	160,47	160,53	+ 0,06	160,50
6—7	166,86	166,84	— 0,02	166,85
8—9	175,50	175,45	— 0,05	175,47
10—11	180,10	180,22	— 0,12	180,16
12—13 *)	186,20	186,16	— 0,04	186,18
14—15	185,52	185,55	+ 0,03	185,53
16—20	192,66	192,70	+ 0,04	192,68
21—23	194,32	194,30	— 0,02	194,31
24—26	188,98	188,99	+ 0,01	188,99
27—29 *)	194,36	194,35	— 0,01	194,35
30—32 *)	202,17	203,09	— 0,08	203,13
33—35	208,13	208,13	0,00	208,13
36—38	212,05	212,11	+ 0,06	212,08
39—41	216,88	216,90	+ 0,02	216,89
42—43	216,56	216,56	0,00	216,56
44—47	217,67	217,75	+ 0,08	217,71
48—50	216,96	216,99	+ 0,03	216,97
51—53	100,13	100,13	0,00	100,13

*) De opteekening van den luchtthermometer ontbreekt voor n°. 12, 28 en 31.

Serie z.	Berekend uit Luchtthermom.	Kwikthermom.	Verschil.	Midden.
N°. 1	99,79	99,79	0,00	99,79
2—4	116,28	116,28	0,00	116,28
5—7	124,88	124,91	+ 0,03	124,90
8—9	131,72	131,73	+ 0,01	131,73
10—11	138,56	138,60	+ 0.04	138,58
12—14	145,82	145,85	+ 0,03	145,84
15—16	148,99	148,97	— 0,02	148,98
17—19	151,37	151,35	— 0,02	151,36
20—22	155,22	155,21	— 0,01	155,22
23—24	157,54	157,53	— 0,01	157,54
25—26	159,90	159,83	— 0,07	159,87
27—29	161,98	161,98	0,00	161,98
30—31	160,23	160,18	— 0,05	160,20
32—33	164,46	164,53	+ 0,07	164,49
34—35	168,56	168,60	+ 0,04	168,58
36—37	171,93	171,99	+ 0,06	171,96
38—39	176,43	176,51	+ 0,08	176,47
40—44 *)	179,46	179,55	+ 0,09	179,50
45—47	182,97	183,12	+ 0,15	183,05
47—48	185,98	185,98	0,00	185,98
49—50	190,28	190,30	+ 0,02	190,29
51—52	192,97	193,00	+ 0,03	192,99
53—54	196,18	196,23	+ 0,05	196,25
55—58	201,83	201,81	— 0,02	201,82
59—60	210,35	210,41	+ 0,06	210,38
61—63	214,74	214,88	+ 0,14	214,81
64—65	218,43	218,48	+ 0,05	218,45
66—68	222,35	222,52	+ 0,17	222,48
69—71	221,30	221,39	+ 0,09	221,35
72—74	220,01	220,16	+ 0,15	220,09
75—77	226,85	227,00	+ 0,15	226,93
78—81	230,47	230,60	+ 0,13	230,54

De overeenstemming van de getallen in de tweede en derde kolom is hoogst opmerkelijk. Voor twee derde der waarne-

*) De opteekening van den luchtthermometer ontbreekt van n°. 40 en 42.

mingen bedraagt het verschil minder dan vijf honderdste deelen van een graad. Afwijkingen van 0,08 of meer behooren tot de zeldzaamheden, en het onderzoek van de omstandigheden, waaronder zij voorkomen, levert eene bevestiging te meer van de nauwkeurigheid der waarnemingen van REGNAULT en de juistheid der berekende correctiën.

In serie x heeft namelijk REGNAULT van twee bij elkander behoorende waarnemingen meestal slechts eenmaal de temperatuur van den luchtthermometer opgeteekend. In de seriën y en z daarentegen vindt men in den regel bij elke waarneming de temperatuur van den luchtthermometer vermeld. Nu is het opmerkelijk, dat de drie groepen van waarnemingen in serie y (12, 28 en 31), waarvoor de opgave van den luchtthermometer ontbreekt, worden voorafgegaan of gevolgd door waarnemingen, bij welke de verschillen grooter zijn dan bij andere. Een ontbreken nu van eene als regel aangenomene opteekening van den luchtthermometer duidt aan, dat de waarnemer in verwarring of het werktuig in het ongereede is geraakt.

Op de groep waarnemingen 38—39 en 40—44 van serie z, is hetzelfde van toepassing. Zij zijn de eenige in deze reeks, die voorafgegaan of gevolgd worden door eene waarneming, waarin de opteekening van den luchtthermometer ontbreekt. Dit staat echter waarschijnlijk in verband met eene stoornis in den luchtthermometer, welke door REGNAULT in eene noot, aan het einde der serie, op bladz. 572 wordt vermeld. Men leest daar het volgende:

„ *Nota.* Entre les expériences 46 et 47, une petite fuite s'est déclarée à un des joints du thermomètre à air; on y a porté remède immédiatement, mais le thermomètre ayant perdu quelques bulles d'air, sa graduation n'était plus exacte. Il a été facile de trouver la correction sans interrompre les expériences, etc." Het achterblijven van den luchtthermometer in de vier voorgaande groepen zou doen vermoeden, dat reeds toen een weinig lucht ontsnapt is. Na het aanbrengen der correctie blijft nu de luchtthermometer eenigen tijd met de kwikthermometers gelijken tred houden: uit de laatste waarnemingen van serie z zou men opmaken, dat er op nieuw een lek in den luchtthermometer ontstaan is

Een ander bewijs voor de nauwkeurigheid van REGNAULT's waarnemingen en de juistheid onzer correctie verschaft de waarde $a = 0{,}10$ voor de fout van den luchtthermometer in serie y gevonden. Als bij uitzondering is in deze reeks het vaste punt van den luchtthermometer tweemalen bepaald geworden, eenmaal aan het begin, n°. 1, en later in de groep n°. 51—53 aan het einde der reeks. Voor beide waarnemingen vindt men in de tabel van REGNAULT eene volkomene overeenstemming tusschen de temperatuur berekend uit de gegevens van den luchtthermometer en de temperatuur van het kookpunt. Daaruit zou volgen, dat beide waarnemingen voor den luchtthermometer dezelfde constante moeten opleveren. Dewijl nu uit onze berekening blijkt, dat de constante in serie y met een fout is aangedaan, welke in temperatuur 0°,1 of in de waargenomen spanning van de lucht in den luchtthermometer 0,25 mm. bedraagt, zou hier beide malen juist dezelfde fout begaan zijn, welke weder op zeer weinig na overeenkomt met die van serie x. Dit ware een toeval waarvan de waarschijnlijkheid al zeer gering is. Wanneer men echter de waarnemingen van den luchtthermometer n°. 1 en n°. 51—53 van serie y en eenige andere, naar willekeur uit de reeks x en y genomen, uit de gegevens in de tabel van REGNAULT berekent, dan blijkt het volgende:

1°. de waarnemingen n°. 1 en n°. 51—53 van serie y zijn met elkander niet overeen te brengen; zij leveren verschillende constanten van den luchtthermometer;

2°. noch de constante van serie y n°. 1, noch die van serie y n°. 51—53 zijn bij de berekening dezer serie gebruikt: de beide waarnemingen aan het begin en het slot van serie y staan geheel op zich zelven;

3°. daarentegen zijn de waarnemingen van serie y berekend met de constante van serie x.

Dat wij voor de fout van de constante in serie x en y nagenoeg hetzelfde bedrag, 0,11 en 0,10 verkregen, vindt hierin eene zeer eenvoudige verklaring. Zij is echter daarom opmerkelijk, wijl zij het bewijs levert dat de constante fouten der onderscheidene seriën niet, zooals REGNAULT schijnt te meenen, aan het verspringen van de vaste punten der kwikthermometers, maar

aan kleine onnauwkeurigheden bij het bepalen van het vaste punt van den luchtthermometer moeten toegeschreven worden.

Uit deze uitkomsten schijnt mij te volgen, dat REGNAULT in staat is geweest met behulp van den luchtthermometer zelfs hooge temperaturen tot op een half tiende van een graad, met volkomen duidelijkheid te onderscheiden. REGNAULT zelf schijnt mij de nauwkeurigheid zijner waarnemingen te laag te schatten, wanneer hij op bladz. 580, van den luchtthermometer sprekende, zegt: „Comme la détermination des températures au moyen de ce dernier instrument dépend d'un grand nombre de mesures, il est difficile d'obtenir ces températures avec une précision plus grande que 1 ou 2 dixièmes de degré.”

Er kunnen nog fouten overgebleven zijn, welke voor denzelfden luchtthermometer in alle omstandigheden dezelfde waarde hebben, zooals die welke uit eenige onzekerheid in den uitzettingscoefficiënt van het glazen omhulsel kunnen voortvloeien, doch de metingen van de aan elke temperatuur beantwoordende spanning der lucht schijnen inderdaad eene nauwkeurigheid van 0°,05 toe te laten.

Het is opmerkelijk dat de hierboven vermelde correctiën het standvastige verschil, hetwelk REGNAULT bij de graphische voorstelling der spanningskromme tusschen de gegevens der onderscheidene seriën opmerkte, grootendeels doen verdwijnen. Bovendien stemmen door een zonderling toeval de verbeterde temperaturen boven 100° veel beter met de spanningsformule van REGNAULT overeen dan de niet verbeterde, waaraan de gegevens ter berekening van de constanten der formule ontleend werden. De som van de vierkanten der afwijkingen van alle waarnemingen boven 100° met den luchtthermometer volbracht, wordt, wanneer men de fout van den luchtthermometer in rekening brengt, bijna viermaal kleiner.

Daarentegen mogen de hierboven gegevene berekeningen als een bewijs te meer gelden voor de vroeger door mij ontwikkelde stelling, dat de waarnemingen met den kwikthermometer van kristalglas tusschen 0° en 100° alleen eene verbetering behoeven. Er ontstaan hierdoor, zooals uit de graphische voorstelling van den Heer KESSLER terstond te zien is, vrij belangrijke afwijkingen die bij 50° voor de gemiddelde uitkomst der

waarnemingen tot 0°,12, voor enkele waarnemingen tot 0°,24 klimmen.

REGNAULT heeft uit de gelijktijdige waarnemingen van den luchtthermometer en den kwikthermometer van kristal Choisy-le-Roy eene correctietafel ontworpen, ten einde de temperatuurs-aanwijzingen van laatstgemeld werktuig tot die van den luchtthermometer te herleiden. Men vindt dit tafeltje in T. XXVI bladz. 371. Wanneer men met behulp daarvan de herleiding verricht, verkrijgt men met den waargenomen stand van den luchtthermometer, verschillen, die voor bijna de helft der waarnemingen grooter zijn dan 0°,10, en voor sommigen tot 0°,22 en 0°,26 klimmen. De graphische interpolatie, waarmede REGNAULT zich tevreden stelde, blijkt voor deze herleiding geheel onvoldoende te zijn, terwijl daarentegen de tabel van bladz. 339 en 340 hierboven, aantoont hoe nauwkeurig de onderstelling, dat de gang van den kwikthermometer van kristal door een parabool wordt voorgesteld, op de waarnemingen sluit.

BIJDRAGE TOT DE KENNIS

VAN DEN

MICROSCOPISCHEN BOUW DER KINABASTEN.

DOOR

C. A. J. A. OUDEMANS.

Voorgedragen in de Gewone Vergadering van 25 Februarij 1871.

De kinabasten, in 1870 uit Java aangevoerd en in veiling gebracht door de Nederlandsche Handelmaatschappij, waren afkomstig van drie soorten van *Cinchona*, nl. *C. Calisaya* WEDD., *C. Hasskarliana* MIQ. en *C. Pahudiana* HOW. — Zij werden chemisch onderzocht door Prof. J. W. GUNNING alhier, en door JULIUS JOBST te Stuttgart. De Heer GUNNING formuleerde zijne uitkomsten aldus:

N°. I. T. P. Java Konings-Kina, bij 100° gedroogd, leverde:
3,5 °/₀ in aether oplosbaar alcaloïd (veel chinidine),
2,0 °/₀ in aether onoplosbaar alcaloïd.

N°. II en III. T. P. Java Konings-Kina, bij 100° gedroogd:
2,1 °/₀ in aether oplosbaar alcaloïd (weinig chinidine),
1,3 °/₀ in aether onoplosbaar alcaloïd.

N°. IV. M. Java Konings-Kina, bij 100° gedroogd:
1,5 °/₀ in aether oplosbaar alcaloïd (weinig chinidine),
1,0 °/₀ in aether onoplosbaar alcaloïd.

N°. V. T. P. Bruine Java-Kina, bij 100° gedroogd:
1,1 °/₀ in aether oplosbaar alcaloïd,
0,9 °/₀ in aether onoplosbaar alcaloïd.

De analysen van JOBST (BUCHNER's *N. Repertorium für Pharmacie*, Bd. XIX, p. 341) gaven de volgende uitkomsten:

N°. I. Som der alcaloïden 3,2 °/₀, waaronder veel conchinine (kinidine) en cinchonine, doch slechts een spoor van kinine, geen kinidine (cinchonidine), maar eene amorphe basische stof;

N°. II en III. Som der alcaloïden 3,5 °/₀, waaronder 1,7 kinine (= 2,3 kinin-sulfaat), een weinig kinidine (cinchonidine), conchinine (kinidine), cinchonine en amorphe basische stof;

N°. IV. Som der alcaloïden 1,9 °/₀, waaronder 0,5 °/₀ kinine (= 0,7 kinin-sulfaat), cinchonine, een weinig kinidine (cinchonidine), conchinine (kinidine) en amorphe basische stof;

N°. V. Som der alcaloïden 1,2 °/₀, en wel hoofdzakelijk chinidine (cinchonidine) en amorphe basische stof; sporen van kinine; daarentegen noch cinchonine, noch conchinine (kinidine).

De letters T. P. hebben betrekking op den berg Tangkoeban Prahoe en de letter M. op den berg Malawar, waar de kinaplantsoenen waren aangelegd.

Verder dient vermeld, dat de basten, onder de nummers I en IV in den handel gebracht, volgens een bericht van den Heer VAN GORKOM, met de leiding van de kinakultuur op Java belast, werkelijk afkomstig waren van *Cinchona Calisaya* WEDD.; die met de nummers II en III daarentegen van *Cinchona Hasskarliana* MIQ., welke plant echter door den Heer DE VRIJ als eene bastaard van *C. Calisaya* (moeder) en *C. Pahudiana* (vader) beschouwd wordt. De basten onder N°. V vermeld, werden door *C. Pahudiana* HOW. opgeleverd.

Ik achtte het niet onbelangrijk, den microscopischen bouw der zoo even aangeduide basten na te gaan: vooreerst omdat de bast van *C. Hasskarliana* tot hiertoe nog niet aan zoodanig onderzoek was onderworpen geworden, en ten tweede om te pogen, de nog slechts zeer weinige microscopische analysen van de Pahudiana-kina te bevestigen of aan te vullen, of, zoo daartoe aanleiding mocht bestaan, te verbeteren. Eindelijk zou de vraag, of de bouw van den Calisaya-bast of de koningskina op Java geene veranderingen ondergaat tevens beantwoord kunnen worden. Gedurende den loop van mijn onderzoek had ik de gelegenheid, de wording der sapbuizen te leeren kennen, en zoo doende ook iets tot de oplossing van een niet onbelangrijk anatomisch-physiologisch vraagstuk bij te dragen.

De uitkomsten van mijn onderzoek zijn:

1°. De bast van *Cinchona Calisaya* ondergaat op Java geene verandering in haren microscopischen bouw.

2°. De bast van *Cinchona Pahudiana* is werkelijk zoo gevormd als zulks reeds vroeger door HOWARD, PHOEBUS en FLÜCKIGER is aangegeven.

3°. De bast van *Cinchona Hasskarliana* houdt in haren bouw het midden tusschen dien van *C. Calisaya* en *C. scrobiculata*.

4°. De sapbuizen ontstaan in het schorsparenchym en in het merg, en nemen door het ineenvloeien van boven elkaar geplaatste cellen in lengte toe.

Ad 1um. De bast van dunne, uiterlijk $4^1/_2$ jaar oude en $1^1/_2$—2 millim. dikke pijpen van *Cinchona Calisaya*, zooals wij dien hier op het oog hebben (zoogenoemde onbedekte platte stukken toch werden tot hiertoe van Java niet aangevoerd) bestaat uit eene meer of minder sterk ontwikkelde *kurklaag* van tafelvormige, tangentiaal uitgerekte, met een roodbruinen inhoud gevulde cellen, naar buiten niet zelden tot steun verstrekkend aan eene dikkere of dunnere laag verweerde veelhoekige parenchymcellen, ten bewijze, dat het kurklaagje reeds niet meer tot de primaire, de opperhuid onmiddellijk opvolgende of vervangende, maar wel tot de secundaire, dieper in het schorsweefsel voortgebrachte vormingen behoorde. Onder de kurklaag bestond de *primaire schors* uit een circa twintigtal lagen van parenchymcellen, die òf allen, òf op eenige der buitenste lagen na, in tangentiale richting uitgewassen en met zetmeel gevuld waren. De buitenste lagen cellen hadden, voor zooverre zij meer rond van gedaante waren, een ongelijkmatig verdikten wand, en geleken daardoor op collenchymcellen; eene groenachtige kleur viel daaraan duidelijk op te merken. De meer naar binnen gelegene cellen hadden bruinachtige wanden, en bevatteden geen bladgroen meer.

Tusschen de schorsparenchymcellen kwamen enkele malen ledige gestippelde *steencellen* en *kristalcellen* voor, maar zoogenoemde sapcellen vond ik niet.

Op de grens tusschen de schors en den bast nam ik een nu eens ijleren, dan eens dichteren kring van *sapbuizen* waar, zooals gewoonlijk met eene bruine, op hars gelijkende stof gevuld, en in tangentiale richting meer dan in radiale ontwikkeld. Ik vond voor de langste, in tangentiale richting zich uitstrekkende as gemiddeld $^8/_{100}$ millim. en voor de kortste, loodrecht daarop staande, $^6/_{100}$ millim. Vergelijkt men deze wijdte met die der in de rondte der sapbuizen gelegen parenchymcellen, welker kleinste, in radiale richting zich uitstrekkende as niet meer dan $^3/_{100}$—$^4/_{100}$ millim. bedraagt, dan is het licht te begrijpen, dat de sapbuizen, ook al zijn ze ledig, van de schors-parenchymcellen, zelfs als het zetmeel daaruit is weggewasschen, op eene horizontale doorsnede gemakkelijk onderscheiden kunnen worden. Cellen (thyllen) trof ik in de sapbuizen niet aan.

Binnen den kring van sapbuizen strekten zich de *mergstralen* en het *bastparenchym* met de daarin weggedoken *bastvezels* uit. De cellen der eersten waren niet zoo sterk in tangentiale richting uitgerekt als die der schors, maar wel, evenals deze, bruin van wand en met zetmeel gevuld. De meest naar buiten gekeerde bastvezels waren dunner ($^2/_{100}$ millim.) dan de daarop volgende; het sterkst in de breedte ontwikkeld evenwel waren de allerbinnenste, wier langste, in radiale richting zich uitstrekkende as dikwerf $^1/_{10}$ millim., tegen $^3/_{100}$ millim. voor de kortste, bedroeg. Eenige kleur nam ik aan die bastvezels hoegenaamd niet waar ; wel echter waren vele van de binnenste nog van een betrekkelijk dunnen wand voorzien en dus in het bezit van eene zeer goed waarneembare holte. Tusschen de bastvezels, en tot de baststralen behoorend, vond ik een polyedrisch parenchym, aan dat der mergstralen gelijk, maar kleiner van cellen. Andere elementen, zonder zetmeel, en van een eenigszins gewijzigd voorkomen, mogen, tusschen de samenstellende deelen der baststralen verspreid, tot de zeefvaten behoord hebben.

De bastvezels waren voor het grootste gedeelte van elkander gescheiden, maar voor een ander gedeelte ook weder ten getale van 2, 3 of meer in radiale reeksen verbonden. Over het geheel, waren zij echter, tusschen de primaire mergstralen, onregelmatig verspreid, zoodat men, bij eene kleine vergrooting,

die het mogelijk maakte eene doorsnede van 3 à 4 millim. geheel te overzien, niet kon zeggen dat zij in radiale rijen geschaard stonden. In de breedte, d.i. in tangentiale richting, werden zij niet dan hoogst zelden met elkander verbonden aangetroffen.

De primaire mergstralen vond ik gewoonlijk over hunne geheele lengte even breed (1—3 cellen dik) en dus niet langzamerhand naar buiten trechtervormig uitloopend. Hetzelfde was ook met de secundaire mergstralen het geval, en, gebeurde het dan ook al eens, dat de baststralen een driehoekigen, met den top naar buiten gekeerden vorm schenen te hebben, iets wat met den gevonden bouw niet wel in overeenstemming te brengen was, dan was dit alleen daaraan toe te schrijven, dat enkele bastvezels of kleinere bastbundels wat ver naar buiten geschoven waren. *Staafcellen* nam ik tusschen de bastvezels niet waar.

Vergelijkt men nu onze beschrijving met die van andere schrijvers, welke eveneens in de gelegenheid geweest zijn, jonge koningskina te onderzoeken, zooals BERG (*Die Chinarinden der pharmacognostischen Sammlung zu Berlin*, 1865), dan ziet men, dat daartusschen bijna geheele overeenstemming bestaat. De steencellen, die ik somwijlen in de schors aantrof, komen wel zelden in de koningskina voor, maar zijn daarin toch ook door anderen waargenomen. En wat de primaire mergstralen betreft, die ik, naar buiten, zich niet trechtervormig zag uitzetten, deze kunnen tot oudere stukken bast behoord hebben, want, zooals bekend is, bij koningskina in platte stukken zijn dergelijke trechtervormige mergstralen in het geheel niet meer te vinden. Het voornaamste kenmerk, de geïsoleerde en voor het grootst gedeelte onregelmatig verspreide bastvezels, werd, evenals de afwezigheid van zijdelingsche vereenigingen tusschen die organen, bij de Javaansche koningskina door mij gevonden, en dit, in verband met bijzonderheden in den bouw van den tweeden of derden rang, gaf mij het recht te besluiten: de bast van *Cinchona Calisaya* behoudt zijne structuur, al wordt de plant ook op Java gekweekt. Ik eindig met de mededeeling, dat zwavelzuur de bastvezels fraai-rood kleurde.

Ad 2um. Tot hiertoe is de bast van *Cinchona Pahudiana* slechts door twee personen, HOWARD en PHOEBUS, microscopisch

onderzocht, en hadden beiden te zamen niet meer dan 5 exemplaren daarvan ter hunner beschikking. Trekt men hiervan één exemplaar af, door HOWARD beschreven, maar van eene ziekelijke plant afkomstig, dan kan men zeggen, dat onze kennis aangaande den microrcopischen bouw van den Pahudiana-bast op dit oogenblik berust op hetgeen een viertal waarnemingen aan het licht hebben gebracht.

De bastpijpen, die ik onderzocht, en wier dikte verschilde tusschen $1^1/_2$ en $2^1/_2$ millim., hadden aan hunne oppervlakte een laagje *lederkurk*, daaronder een afwisselend getal tangentiaal uitgerekte *schors-parenchymcellen*, met kleine zetmeelkorrels gevuld en niet zoo bruin van wand als ik zulks elders wel had aangetroffen, en, op de grens tusschen schors en bast een kring van ver uit elkander staande, niet zeer wijde *sapbuizen* (gemiddeld $^5/_{100}$ millim. in langste middellijn). Tusschen de schorsparenchymcellen vond ik geene *steen-* of *hars-*, maar wel sterk tangentiaal uitgerekte *kristalcellen*. — Eene bijzonderheid, waarvan ook PHOEBUS met een enkel woord melding maakte, en die mij te meer opviel, omdat ik ze noch bij den bast van *C. Calisaya*, noch bij dien van *C. Hasskarliana* had aangetroffen, bestond hierin, dat er in de schors tal van bruine dwarsstreepjes zich vertoonden, die den schijn deden ontstaan, alsof er diep in het weefsel en op verschillende plaatsen te gelijk eene vorming van kurkweefsel begonnen was. Bij een nauwkeuriger onderzoek bleek het mij, dat die streepjes met groepen van platte cellen overeenkwamen, welker inhoud en wanden wat bruiner gekleurd waren dan die der omgeving, doch die van gewone lederkurkcellen door de mindere regelmatigheid harer aaneenvoeging afweken.

Binnen den kring van sapbuizen deden zich talrijke *bastvezels* voor, met elkander tot driehoekige figuren vereenigd, wier toppen naar buiten stonden, en die van elkander gescheiden waren door wigvormige primaire mergstralen, welke te meer in het oog liepen, daar ook hunne cellen door eene bruine kleur tegen die der omgeving afstaken.

De cellen dier *mergstralen* deden zich op eene horizontale doorsnede wijder voor dan die der schors, en hadden ook eene meer vierkante gedaante. Tusschen haar kwamen ook nog verspreide

kristalcellen voor. De bastparenchymcellen waren weder kleiner dan die der mergstralen. Secundaire mergstralen waren bij de ordelooze verspreiding der bastvezels niet waar te nemen.

De bastvezels nu, zonder kleur hoegenaamd, waren naar buiten meer afzonderlijk gezeten, naar binnen echter tot grootere of kleinere groepen vereenigd. Niet alleen in radiale, ook in tangentiale richting had hier de aaneensluiting dier vezels plaats gehad, zoodat het volstrekt niet zeldzaam was, bundels van zes bastvezels te vinden, waarvan er drie in de dwarste naast elkander lagen. De dunste bastvezels, die ik mat, hadden gemiddeld eene langste (horizontale) as van $^4/_{100}$ millim. en eene kortste van $^3/_{100}$ millim.; de dikste eene langste as van $^1/_{10}$ millim. en eene kortste van $^8/_{100}$ millim.; waarbij echter valt op te merken, dat de gemiddelde grootte van het grootst getal vezels die van hetzelfde getal bij *C. Calisaya* en *C. Hasskarliana* aanzienlijk overtrof, zoodat dan ook een blik door het vergrootglas op eene doorschijnende doorsnede voldoende was om de overtuiging te geven, dat de bast van *C. Pahudiana* zich door een grooter getal dikke bastvezels van de beide andere soorten onderscheidt. Vooral bij de aanwending van zeer matige vergrootingen, b. v. van 30 maal, was eene groepeering in cirkels der meest naar binnen gelegen bastvezels en -bundels nu en dan waar te nemen. Evenals bij de koningskina, waren ook hier de binnenste en grootste bastvezels veelal van eene wijde holte voorzien, en namen allen met zwavelzuur eene fraai-roode kleur aan.

Eene vergelijking van mijne waarnemingen met die van PHOEBUS (*Vierteljahrsschrift für praktische Pharmacie*, 1867, Heft I) doet zien, dat zij daarmede in meest alle opzichten overeenstemmen, waarom ik dan ook het oordeel van dien geleerde, dat de bouw van den bast van *C. Pahudiana* het meest tot dien van den bast van *C. pubescens* overhelt, gaarne onderschrijf. — De verschillen tusschen onze uitkomsten zijn de volgende:

PHOEBUS zag geen lederkurk aan de oppervlakte der pijpen; ik wel.

PHOEBUS houdt de bruine dwarsstreepjes in de primaire schors voor plaatsen waar eene kurkvorming is aangevangen, terwijl ik aldaar geene ware lederkurkcellen kon ontdekken.

PHOEBUS nam geene mergstralen waar, ik wel.

Deze verschillen kunnen echter, althans wat het eerste en het laatste punt betreft, zeer goed verklaard worden uit het verschil in ouderdom tusschen de door ons onderzochte basten, zooals daaruit blijken kan, dat de dikte der bastpijpen van PHOEBUS slechts $^1/_2$ millim., die der mijne $1^1/_2$—2 millim. bedroeg.

Uit het vorenstaande blijkt dus, dat ik de uitkomst van mijn onderzoek van den Pahudiana-bast wel aldus mocht formuleeren, dat hij werkelijk zulk een bouw doet zien, als PHOEBUS en HOWARD hem hebben toegekend.

Ad. 3um. De bast van *C. Hasskarliana* bestond, evenals die der beide vorige soorten, ook weder uit pijpen, welker grootste dikte 4 mill. bedroeg. Het microscopisch onderzoek, tot hiertoe door niemand in 't werk gesteld, leerde, dat aan de oppervlakte dier pijpen eene aanzienlijke laag *lederkurk* was afgezet aan de vroeger voor de koningskina beschrevene gelijk, en dat daarop eene *schors* volgde, p. m. 15—20 cellen dik. Deze cellen vond ik zeer sterk in tangentiale richting uitgerekt, bruinachtig van wand, en met zetmeel gevuld. Bij dunnere basten werd hier en daar eene *kristalcel* waargenomen, maar *steen-* en *sapcellen* ontbraken. Bij dikkere daarentegen vond ik talrijke steencellen, hier en daar ook eene sapcel en talrijke kristalcellen.

Een kring van zeer duidelijke, fraaie, vrij dicht bij elkander gezetene en gemiddeld $^1/_{10}$ millim. wijde *sapbuizen*, scheidde de schors van den bast, welke laatste een zeer duidelijk gestraalden bouw deed bemerken, en het grootste gedeelte eener horizontale doorsnede innam. Het bastparenchym en de mergstralen vond ik bruin, doch de *bastvezels* ook weder ongekleurd.

De laatsten waren, op dezelfde doorsnede, zeer ongelijk van dikte. Dunnere en dikkere (van $^1/_{10}$ millim. langste middellijn) kwamen overal onder elkander gemengd voor. Aan de cambiumzijde der doorsnede werden bij dunne pijpen niets dan verspreide, bij dikkere zijdelings tot groepen vereenigde vezels waargenomen; meer naar buiten echter kwamen, tusschen verspreide vezels, radiale reeksen van 3—9 stuks, en hier en daar ook bundels van 4, 5 of meer vezels voor, waarvan er 2 of 3 in de breedte naast elkander lagen. Over het geheel genomen, d. i. wanneer eene horizontale doorschijnende doorsnede door het vergrootglas gezien werd, was het niet twijfelachtig, dat

de gemiddelde dikte der meeste vezels tusschen die der vezels van *C. Calisaya* en *C. Pahudiana* inlag. Trechtervormige primaire mergstralen, maar met een gering verschil in breedte aan hun peripherisch uiteinde, waren duidelijk en talrijk, maar secundaire ontbraken. Gene bestonden uit dobbelsteenvormig parenchym. Het grondweefsel der baststralen bestond uit een duidelijk parenchym, met cellen, in grootte ongeveer aan die der mergstralen en der schors gelijk, afgewisseld evenwel met eene andere soort van elementen, geringer van doorsnede en hoekiger van vorm, die misschien met zeefvaten overeenstemden. De talrijke en vrij breede, doch naar buiten zeer langzaam in wijdte toenemende primaire mergstralen geven aan den bast van *C. Hasskarliana*, als men eene horizontale doorsnede daarvan met een gewoon vergrootglas bij doorvallend licht beziet, een gestraald voorkomen, ongeveer zooals men dat voor doorsneden van den bast van *C. scrobiculata* gewoonlijk vindt afgebeeld. De krachtige ontwikkeling van het bastparenchym is echter oorzaak, dat de vezels of vezelreeksen dáár wijder uit elkander staan en dus beter onderscheiden kunnen worden.

Indien ik mijn oordeel moest uitspreken over de vraag, met welk anatomisch type: dat van *C. Calisaya*, *C. scrobiculata* of *C. pubescens*, de bast van *C. Hasskarliana* de meeste overeenkomst heeft, dan zou ik zeggen, dat hij tusschen dat van de beide eerstgenoemde planten in staat. Van *C. Calisaya* vinden wij de talrijke geïsoleerde bastvezels en de zeer goed waarneembare sapbuizen, van *C. scrobiculata* de hier en daar in radiale reeksen met elkander verbondene bastvezels en de steencellen in het schorsparenchym terug. De vrij duidelijke zijdelingsche vereeniging der bastvezels aan de cambiumzijde was het eenige wat den bouw der Pahudiana-kina in herinnering bracht.

Deze uitkomst is in zoo verre niet onbelangrijk, als wij in *C. Hasskarliana* met eene plant te maken hebben, die tot hiertoe onbekend was gebleven, en van welke MIQUEL beweert dat zij in der tijd door HASSKARL uit Amerika naar Java is overgebracht, terwijl DE VRIJ volhoudt dat zij door JUNGHUHN uit zaad verkregen werd, door hem zelven uit zaaddoozen van *Cinchona Calisaya* verzameld, maar in een plantsoen waar, tusschen de talrijke exemplaren van *C. Calisaya*, een viertal indi-

viduën van *C. Pahudiana* verspreid stonden. Het vermoeden, dat de exemplaren, nu onlangs door MIQUEL met den naam van *C. Hasskarliana* bestempeld, niets anders zouden wezen dan bastaarden, uit *C. Calisaya* als moeder- en uit *C. Pahudiana* als vaderplant voortgesproten, werd dan ook door DE VRIJ reeds voor geruimen tijd besproken, en nu onlangs weder aan de opvatting van MIQUEL onverholen overgesteld. (Zie DE VRIJ, Kinologische Bijdragen in HAAXMAN's *Tijdschrift voor wetenschappelijke Pharmacie,* 1868 en 1869). Een scheikundig onderzoek van den bast der zoogenaamde *C. Hasskarliana*, door DE VRIJ in 't werk gesteld, en in N°. VI zijner „Kinologische Studiën" beschreven, leerde hem, dat die bast, evenals die van *C. Pahudiana*, cinchonidine bevat, een bestanddeel, dat nooit in den bast van *C. Calisaya* door hem werd aangetroffen; en in deze uitkomst vond DE VRIJ een nieuwen steun voor zijn gevoelen, dat *C. Pahudiana* tot de productie der zoogenaamde *C. Hasskarliana* kan hebben bijgedragen. Sedert JOBST heeft aangetoond, dat de bast van *C. Hasskarliana* 3,5 °/₀ alcoloïden, waaronder 1,7 kinine bevat (of althans bevatten kan), is de mogelijkheid eener verwantschap tusschen die plant en *C. Calisaya* ook weder aannemelijker geworden.

Op de vraag nu, of er in den microscopischen bouw van den bast van *C. Hasskarliana* niet iets te vinden ware, dat tot een juister oordeel over het aanhangige vraagstuk zou kunnen bijdragen, geeft mijn onderzoek wel eenig antwoord. Den bouw van den bast van *C. Calisaya* vindt men er zonder twijfel in terug, maar eenigszins gewijzigd, d. i. met eene zekere toenadering tot dien van *C. scrobiculata*. Van de verwantschap tusschen *C. Hasskarliana* en *C. Pahudiana* blijkt echter op microscopische doorsneden niet veel, hoewel erkend moet worden 1° dat de gemiddelde dikte der meeste bastvezels van *C. Hasskarliana* het midden houdt tusschen die der meeste vezels van *C. Calisaya* en van *C. Pahudiana* en 2° dat er tusschen de geïsoleerde en in radiale reeksen geschaarde vezels der eerste toch ook hier en daar bundels voorkomen, door de zijdelingsche toenadering van vezels voortgebracht. — Men bedenke echter, dat, volgens de waarnemingen van JUNGHUHN en DE VRIJ, de moeder der bastaard

C. Calisaya was, waarom het ons niet kan verwonderen, dat er tusschen deze plant en *C. Hasskarliana* meer verwantschap bestaat dan tusschen *C. Hasskarliana* en *C. Pahudiana.*

Zwavelzuur kleurt ook de bastvezels van *C. Hasskarliana* prachtig rood.

Op grond van deze feiten schijnt het dus niet gewaagd, te verklaren, dat de bast van *C. Haskarliana* het midden houdt tusschen dien van *C. Calisaya* en *C. scrobiculata.*

Ad 4um. De vraag, wat men van de sapbuizen der Cinchonen, voornamelijk ten opzichte van haren oorsprong te denken hebbe, is op zeer verschillende wijzen beantwoord.

De eerste, die van deze sapbuizen gewag maakte, was WEDDELL, in zijne *Histoire naturelle des Quinquinas*, p. 19. Hij beschreef ze als „lacunes", zonder iets over haar ontstaan mede te deelen. SCHLEIDEN gaf haar in zijne *Botanische Pharmacognosie* p. 237 den naam van „*Milchsaftzellen*, maar ook zonder eenige zinspeling op hare wording. BERG noemde ze „*Saftröhren* (*Pharmaceutische Waarenkunde*, p. 162 en *Die Chinarinden der pharmacognostischen Sammlung zu Berlin*, p. 6) en HOWARD (*Nueva Quinologia*) „lactiferous ducts," maar beiden, zonder iets naders aan te geven nopens de wijze waarop die organen gevormd worden. WIGAND maakt in zijn *Lehrbuch der Pharmacognosie* van de sapbuizen volstrekt geen gewag.

Anders vond ik de zaak bij KARSTEN (*Die medicinischen Chinarinden Neu-Grenada's*, 1858, p. 42). Deze auteur noemt de sapbuizen „*Saftfasern*," en zegt er van: „Das primäre Rindenparenchym aller Cinchonen wird in den jüngsten Zweigen durch einen Kreis von Zellen, die die Chinagerbsäure meist in braunroth gefärbtem, Gummi-harzigem Saft enthalten, meistens lang gestreckt sind und in vertikalen Reihen übereinanderstehen, die bei vielen Arten zu continuirlichen Fasern (sogenannten Gefässen) verschmelzen, von dem cambialen Gewebe gesondert, enz." Hij neemt dus aan, dat de sapbuizen uit eene ineenvloeiing van vertikaal boven elkander geplaatste *buisvormige* cellen ontstaan, maar zonder daarvoor eenig bewijs aan de hand te doen of eenige teekening aan zijne 18 gelithografeerde schetsen toe te voegen, waaruit zou kunnen blijken, dat hij de zaak werkelijk onderzocht had.

Van jonger dagteekening dan het werkje van KARSTEN, zijn de „*Kleine cinchonologische Notizen*" van PHOEBUS, voorkomende in het *Vierteljahrsschrift für praktische Pharmacie,* 1867, Heft I. Wat wij daar lezen, stemt ons weder tot een geheel ander gevoelen dan de mededeeling van KARSTEN, en zou ons aan de juistheid van diens voorstelling kunnen doen twijfelen. Immers verklaart PHOEBUS, dat hij den naam van „Milchsaftzellen," door SCHLEIDEN aan de sapbuizen gegeven, goedkeurt, hoewel hij bekennen moet, ze, op ontelbare doorsneden, nooit in die mate in lengte toegenomen te hebben gezien, dat zij den naam van kanalen zouden behooren te dragen.

FLÜCKIGERS „*Lehrbuch*" brengt geen nieuw licht aan. Hij zegt: „Im Längsschnitte erscheinen diese Zellen nicht ansehnlich gestreckt, sondern einfach sackartig zu mehreren über einander gestellt, ungefähr so wie die Harz- und Milchsaftzellen der Jalape, doch lassen sich diese Saftröhren oder Saftschläuche der China nicht auf so ansehnliche Strecken verfolgen."

Het nieuwste onderzoek aangaande de sapbuizen was dat van VOGL te Weenen, onder den titel van: *Beiträge zur Pflanzenanatomie.* (I.) *Die Milchsaftorgane der Cinchonen,* in de *Verhandlungen d. k.k. zoölogisch-botanischen Gesellschaft in Wien,* 1869. Dit opstel, hoofdzakelijk gewijd aan het onderzoek der cellen, die, in de plaats van het sap, dikwerf in oude sapbuizen worden aangetroffen, bevat echter een paar regels, die, als op ons onderwerp betrekkelijk, niet veronachtzaamd mogen worden. Zij luiden: *Soweit ich mich bei der Untersuchung der im Handel vorkommenden Chinarinden überzeugen konnte, stellen sie* (nl. de sapbuizen) in den jungen Rinden ununterbrochene cylindrische Röhren dar, welche in zur Achse paralleler Richtung das Gewebe der Mittelrinde durchsetzen. Ich habe sie aus zahlreichen Rinden durch Maceration in kochender Aetzkalilösung isolirt, und erhielt sie stets in bis 2 Mm. langen Röhrenstücken ohne Andeutung einer Querwand, und ohne auffindbares blindes Ende." VOGL nam dus de sapbuizen als werkelijke buizen waar, en zinspeelt niet op haar ontstaan door ineenvloeiing van cellen.

Mijne eigene waarnemingen omtrent den oorsprong en den groei der sapbuizen hebben mij het volgende geleerd.

De sapbuizen ontstaan, even onder het oorspronkelijk meristeem der bladknoppen, in de onmiddellijke nabijheid van den cambiumcylinder, en wel aan de buiten- en binnenzijde van dezen, d. i. in de primaire schors en het merg. Zij doen zich allereerst voor als rolronde cellen met eenigszins saamgetrokken, afgeronde uiteinden, wier wijdte die der overige cellen zeer in het oogloopend overtreft. In de praeparaten, die mij eene meting dier cellen veroorloofde, vond ik ze p. m. $^{75}/_{100}$ millim. lang en p. m. $^{5}/_{100}$ millim. breed. Reeds in dat tijdperk van ontwikkeling hebben zij een duidelijken eigen wand en zijn zij met eene bruine lijvige vloeistof, als ware het gekleurd plasma, gevuld.

Onmiddellijk boven elkander geplaatste sapcellen heb ik noch in de schors, noch in het merg gezien. Altijd vond ik hare beide uiteinden door parenchym van elkander gescheiden. Hieruit vloeit voort, dat een langer worden der sapcellen, of liever een overgang van sapcellen in buizen, door onmiddellijke resorbtie van tusschenschotten tusschen twee of meer dier aan elkander grenzende cellen, niet door mij is opgemerkt; wat echter niet belet, dat ik het bedoelde proces op eene andere wijze heb zien tot stand komen. Er is nl. geen twijfel aan, dat de parenchymcellen (zie de plaat, Fig. 1 en 2), welke in het verlengde van de langste as der sapcellen gelegen zijn, langzamerhand, na eerst donkerder van inhoud geworden te zijn, den wand, waarmede zij aan de sapcellen (of min of meer in lengte toegenomen buizen) grenzen, verliezen, en zoo allengskens met deze ineenvloeien; een proces dat, hetzij in dezelfde vertikale richting, zooals in het merg, hetzij in andere, van de loodlijn afwijkende richtingen, zooals in de schors, zich herhalende, tot het langer worden dier buizen zeer aanzienlijk bijdraagt. Het is niets vreemds, in het merg der Cinchonen bruine strepen (sapbuizen) van 2 of 3 centimeters te vinden; en, is het niet te ontkennen, dat zulk lange buizen op eene en dezelfde doorsnede in de schors niet worden aangetroffen, en dat hare lengte aldaar doorgaans slechts enkele millimeters bedraagt, dan is zulks, zooals uit het zoo even medegedeelde blijken kan, zeker gedeeltelijk daaraan toe te schrijven, dat zij in de schors een minder regelmatigen loop hebben.

In de juiste waardeering van praeparaten, geschikt om den

aanwas der sapbuizen na te gaan, wordt men dikwerf gesteund: 1°. door de kleur der cellen — en wij bedoelen hier niet alleen de kleur harer wanden, maar ook van haar inhoud — die in het verlengde van de langste as der sapbuizen gelegen zijn, welke kleur in de richting van het reeds gevormde stuk der sapbuis donkerder en donkerder wordt; 2°. door de grootte en den vorm dier cellen, omdat zij in deze opzichten doorgaans van die der omgeving afwijken; 3°. door de aanwezigheid van korrels of klompjes in dat gedeelte der sapbuis, 't welk met de nog niet vervloeide cellen in aanraking is, niet ongelijk aan dezulken, welke in die cellen vervat zijn.

Geheel in overeenstemming met het hiervoren medegedeelde, is de door VOGL gedane waarneming, dat men de sapbuizen der Cinchonen, na ze met kokende bijtende potassa uit het omliggende weefsel te hebben losgemaakt, nooit zóó praepareeren kan, dat zij gesloten uiteinden hebben. Die uiteinden zijn altijd open; maar dit kan ook niet anders, daar de in een meerderen of minderen staat van vervloeiing verkeerende cellen, die weldra tot het langer worden der buizen zouden hebben bijgedragen, bij het losmaken dezer laatsten uit hare omgeving, in de dwarste afscheuren.

Behalve de tot hiertoe beschrevene sapbuizen, die ik daarom met den naam van *primaire* wensch te bestempelen, worden er bij de Cinchonen nog andere voortgebracht, die den naam van *secundaire* behooren te dragen, omdat zij eenvoudig door ineenvloeiing van cellen met een donkerbruinen inhoud worden voortgebracht, zonder dat daaraan de hierboven beschreven, uit het oorspronkelijk meristeem der knoppen te voorschijn gekomen sapcellen voorafgaan. Ik leid dit daaruit af, dat men, althans in de schors, zeer dikwerf sapbuizen met eene veel nauwere holte aantreft en die buiten den krans van ruimere buizen gevonden worden, en dat, hiermede in overeenstemming, op verschillende plaatsen der schors, in de onmiddellijke nabijheid van het oorspronkelijk meristeem der knoppen, loodrechte reeksen van enge, korte, rolronde cellen worden aangetroffen, die met vlakke wanden aan elkander grenzen en met denzelfden bruinen inhoud als de primaire sapbuizen gevuld zijn.

Uit mijne hierboven medegedeelde waarnemingen blijkt ge-

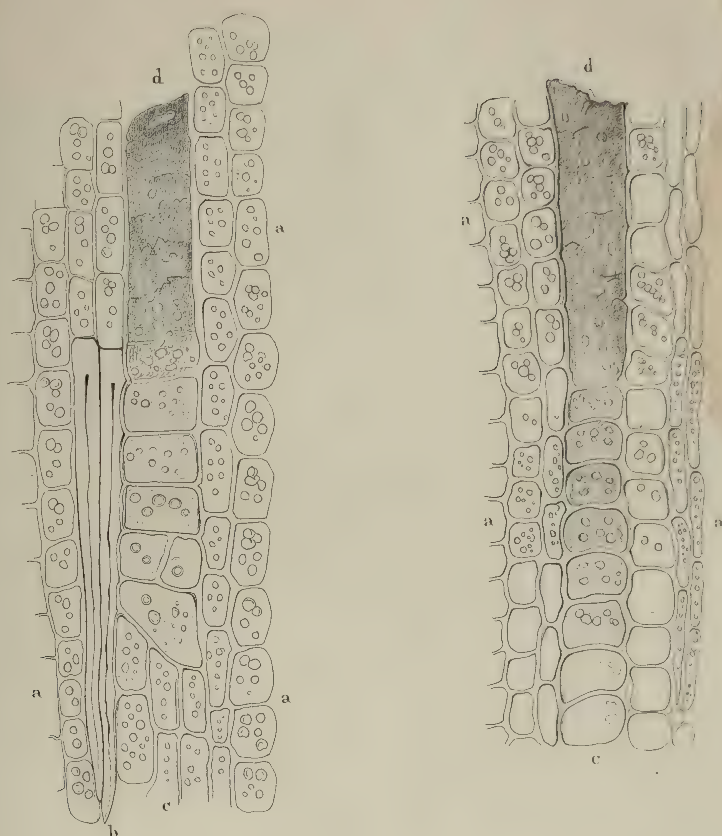
noegzaam, dat geen der auteurs, die over de sapbuizen der Cinchonen geschreven hebben, het ontstaan en den verderen groei dier organen naar waarheid of volledig heeft voorgesteld. WEDDELL beging de fout, haar niet eens een eigen wand toe te schrijven; SCHLEIDEN noemde ze *cellen* (Saftzellen) maar beschreef ze als „der Länge nach so sehr gestreckt, dass sie auf dem Längsschnitt fast Kanälen gleichen" (*Handb. der bot. Pharmacognosie*, p. 237), en zinspeelt hoegenaamd niet op hare wording en haren verderen levensloop; BERG gebruikte den naam van *Saftröhren*, zonder daarvoor eenige reden te geven.

KARSTEN'S voorstelling van de onderwerpelijke zaak heeft de verdienste, daarin dieper door te dringen en den ontwikkelingsgang der buizen niet onvermeld te laten. Nogtans laten zijne mededeelingen ons onbevredigd, omdat zij enkel uitkomsten vermelden, zonder den weg waarlangs die verkregen zijn bloot te leggen. Dat, zooals hij meent, de oorspronkelijke sapcellen „in vertikalen Reihen [nl. zonder tusschengelegen parenchym] übereinanderstehen" heb ik dan ook niet bewaarheid gevonden, en de uitdrukking, dat zij „oft nicht zu Fasern sich vereinigen" zou ik dan alleen juist kunnen noemen, als de S. de *secundaire sapbuizen* op het oog had gehad, wat echter het geval niet geweest is. Het langer worden van de sapbuizen door de vervloeiing van parenchymcellen, is KARSTEN ook ontgaan.

PHOEBUS heeft de saphoudende organen der Cinchonen nooit zoo lang gezien, dat zij den naam van kanalen zouden behooren te dragen; eene bekentenis, waarvan wij alleen eene verklaring kunnen vinden in de omstandigheid, dat hij enkel Cinchona-schors en geen Cinchona-merg onderzocht heeft, en verder in het feit, dat de sapbuizen in de schors der kinaplanten hier en daar zijdelings uitwijken, of ook wel aan reeksen van parenchymcellen grenzen, die nog niet in vervloeiing zijn overgegaan. — Wij moeten er ook op wijzen, dat men bij de beoordeeling van praeparaten, die op de onderwerpelijke zaak betrekking hebben, zeer voorzichtig moet zijn, omdat het dikwerf gebeurt, dat parenchymcellen, die de sapbuizen omgeven, en dus in overlangs gevoerde doorsneden onder of boven de buizen liggen, den schijn kunnen doen ontstaan, alsof zij tot die buizen zelven behoorden.

Flückiger's mededeeling omtrent de sapbuizen spreekt er eindelijk niet voor, dat hij de zaak zelf onderzocht heeft. Er is inderdaad tusschen de sapcellen der Cinchonen en die van den Jalapewortel niet de minste overeenkomst, noch in vorm noch in inhoud. Daarenboven vloeien de sapcellen des Jalapewortels niet tot buizen ineen. Dat de sapcellen der Cinchonen „nicht ansehnlich gestreckt" zijn en dat zij „einfach sackartig zu mehreren über einander gestellt sind" is volstrekt onjuist. De oorspronkelijke sapcellen zijn spoelvormig en 15-maal langer dan breed en zakvormige cellen, die in reeksen boven elkander staan, zijn niet waar te nemen, tenzij men daaronder de parenchymcellen versta, die door vervloeiing tot het langer worden der buizen bijdragen, of andere parenchymcellen, tot de omgeving behoorende, en die met de sapbuizen niets te maken hebben.

Over den scheikundigen aard der stof, in de sapbuizen vervat, weet ik niets bijzonders mede te deelen. Zooals al mijne voorgangers, heb ook ik gezien, dat water en alcohol, elk afzonderlijk, een deel van dien inhoud oplossen, zoodat dan ook zijne kleur, gedurende het waarnemen, dikwerf al lichter en lichter wordt. De meeste schrijvers noemen de stof eene emulsie, en vergelijken haar met melksap, tegen welke opvatting geen bezwaar kan bestaan. Ik zie ook niet in, waarom men de sapbuizen geene melksapvaten zou kunnen noemen, daar zij, evenals deze, een eigen wand en den vorm van cylinders hebben, door ineenvloeiing van cellen ontstaan, eene zeer aanzienlijke lengte kunnen bereiken en eene vloeistof bevatten, die van den vloeibaren inhoud der in de rondte liggende parenchymcellen aanzienlijk afwijkt. De door WEDDELL gekozen naam van „*lacunes*" is onbruikbaar, omdat men daaronder holten verstaat zonder eigen wand; evenzoo de naam van „*Saftfasern*", door KARSTEN gebezigd, omdat men aan het woord „vezel" nu eenmaal eene geheel andere beteekenis hecht. Schleiden's benaming van „*Milchsaftzellen*" drukt niet genoeg uit. Men heeft dus te kiezen tusschen het woord „*Saftröhren*" (sapbuizen) van BERG en „*Lactiferous ducts or vessels*" (melksapvaten) van HOWARD. Naar onze opvatting is de laatste de meest gepaste, niet alleen om de hierboven aangevoerde rede-



Toeneming in de lengte van de sapbuizen of melksap-vaten bij Cinchona Calisaya.

a. Schorsparenchym.
b. Bastvezels.
c. Strengen van cellen die op het punt staan te vervloeien.
d. Hooger gedeelte eener sapbuis.

Lith. Emrik & Binger.

nen, maar ook omdat wij het eens zijn met SACHS (*Lehrbuch*, 1870, p. 107), dat het wenschelijk ware, dat men den naam van sapbuizen (Saftschläuche) voortaan als algemeenen titel gebruikte om de *Vasa utriculiformia* van HANSTEIN zoowel als de *Vasa lactifera*, met de talrijke daartusschen gelegen overgangen, aan te duiden.

Ik eindig met de opmerking, dat de oorspronkelijke sapcellen der Cinchonen slechts eenmaal worden voortgebracht; soms, na in buizen veranderd te zijn, zeer vroeg, door samenpersing, onkenbaar worden; in andere gevallen echter met het schorsparenchym worden afgestooten, om later niet weder voor den dag te komen. Tusschen de sapbuizen onderling bestaat geene verbinding.

23 *Februari* 1871.

VERKLARING VAN DE PLAAT.

Beide Figuren stellen overlangsche doorsneden voor van sapbuizen uit een stukje Calisaya-kinabast van Java. Men neemt hier den overgang waar van min of meer ontaarde parenchymcellen in eene reeds bestaande sapbuis.

OVER DE OLIVIN UIT DE PALLASIJZERMASSA.

DOOR

E. H. VON BAUMHAUER.

Voorgedragen in de Gewone Vergadering van 25 Febr. 1871.

Bij de analyse van de meteoorsteenen, die tot de klasse der zoogenoemde *Chondriten* behooren, wordt hetgeen van den steen in zoutzuur oplosbaar is, nadat het nikkelijzer door den magneet is uitgetrokken, voor olivin, een monosilikaat van ijzeroxydul en magnesia $\left.\begin{matrix}MgO\\FeO\end{matrix}\right\}^2 SiO^2$ gehouden; de analysen toonen echter daarin steeds kleine hoeveelheden aluinaarde, kalk, mangaanoxydul, nikkeloxydul, alsmede ook sporen van alkaliën aan; algemeen houdt men het er voor dat deze stoffen, met uitzondering van het nikkeloxydul, wiens aanwezigheid men aan de onvolkomen scheiding van het nikkelijzer door den magneet toeschrijft, behooren tot het silikaat of de silikaten, die in zoutzuur onoplosbaar zijn, doch door de inwerking van het sterk zoutzuur, vooral bij verwarming, eenigszins worden ontleed. De omstandigheid echter dat in meerdere tellurische olivinen nikkeloxydul is gevonden, zoo als door RAMMELSBERG tot 2,35 pCt. in olivin uit basalt van Petschau in Bohemen, door GENTH in olivin uit de Thjorsalava van de Hekla, door SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN in gekristalliseerde olivin uit de Fiumara van Mascali bij de Aetna en door vele anderen in olivin van andere lokaliteiten, gaf mij aanleiding tot een scherp onderzoek naar de al of niet aanwezigheid van nikkeloxydul in kosmische olivinen, en wel bepaaldelijk in een Oost-Indischen steen, van welken ik over eene ruimere hoeveelheid kon beschikken. Zoo als ik in de vorige vergadering der Natuurkundige Afdeeling mededeelde, bezitten wij in het door RAMMELSBERG aangegeven sublimaat een uitmuntend middel om het metallisch nikkelijzer van de silikaten te scheiden. Doch het sublimaat lost niet op dat gedeelte van het nikkelijzer, hetwelk door oxydatie in ijzeroxyd en ijzeroxydhydraat en in nikkeloxydul is omgezet; zoo als ik toen mededeelde moet het poeder, nadat het met sublimaat is behandeld, na droging, zacht worden gegloeid in een stroom van

droge waterstof, en alsdan weder met sublimaat-oplossing steeds in een stroom van waterstof worden gekookt, welke bewerking een paar malen moet worden herhaald.

Op deze wijze heb ik een paar gram van het poeder van den Oost-Indischen steen, waaruit zooveel mogelijk alles wat den magneet wilde volgen was verwijderd, behandeld en de reductie in waterstof en de behandeling met sublimaat vijf keeren herhaald. Het aldus bereide poeder werd in een platinumschaal met sterk zoutzuur verwarmd, waarbij duidelijke ontwikkeling van zwavelwaterstof werd waargenomen, zoodat door deze herhaalde behandelingen het zwavelijzer, hoewel voor een groot deel, toch niet volkomen was ontleed geworden. De zoutzure solutie werd van het kiezelzuur en het onopgeloste silikaat afgefiltreerd, na toevoeging van salpeterzuur tot droog toe uitgedampt, en het goed gedroogde residu in verdund zoutzuur opgelost. Door ammonia liquida werd het ijzeroxydhydraat afgescheiden, en dit, zoo als ik bij mijne laatste mededeeling heb aangegeven, driemaal weder in zoutzuur opgelost en door ammonia gepraecipiteerd; van het gewogen ijzeroxyd werd een gedeelte, na tot zeer fijn poeder gebracht te zijn, met sodahydraat gegloeid; bij de oplossing van deze massa werd eene groene solutie verkregen, die bij verdunning met water onder afscheiding van een niet weegbare hoeveelheid mangaanoxydhydraat werd ontkleurd; uit de soda-oplossing werd de aluinaarde bepaald. Nadat de verschillende ammoniakale vloeistoffen tot droog toe waren uitgedampt, werden de residus in een porseleinen kroes verhit tot verjaging van het chloorammonium; het nu verkregen residu, bijna uitsluitend magnesia, werd met water bevochtigd en daarna in verdund zuiver zwavelzuur opgelost; deze vloeistof werd eerst op een waterbad uitgedampt, en daarna het overvloedige zwavelzuur door hitte verjaagd. De oplossing van dit residu werd van een weinig afgescheiden gips afgefiltreerd, en vervolgens behandeld met zwavelwaterstof-zwavelammonium, waardoor zij bruin gekleurd werd; nadat de vloeistof gedurende een 24 uren in een gesloten fleschje op eene warme plaats had gestaan, had zich op den bodem een zwart praecipitaat neergezet, waarvan de hoeveelheid wel zeer gering was, doch genoegzaam om met borax en phosphorzout voor de blaaspijp onderzocht te worden. De boraxparel

was in de hitte van de oxydatievlam violet, en bij bekoeling roodbruin, er was geen blauwe tint aanwezig, die aan kobalt eigen is; in de reductievlam werd de parel troebel. De phosphorzoutparel was bij hitte roodbruin, bij bekoeling licht oranjegeel. Een spoor van het zwarte poeder werd met koningswater behandeld, en na verdamping van het zuur ontstond door ammonia eene blauwe verkleuring; er was dus bepaald nikkel aanwezig, die na de aangegeven behandeling moeielijk kan worden toegeschreven aan nikkelijzer, hetwelk het silikaat nog verontreinigde. Bij de behandeling van een weinig van dit zwarte poeder met sodahydraat in de hitte, ontstond een groene rand, waardoor de aanwezigheid van mangaan werd bewezen.

Zoo als bekend is, bestaat de beroemde ijzermassa van *Krasnojarsk*, of zoo als zij naar haren wetenschappelijken ontdekker genoemd wordt de *Pallasijzermassa*, uit een spons van nikkelijzer (met ongeveer 11 pCt. nikkel), in wier holten heldere gele tot geelbruine korrels van olivin gelegen zijn; hier vindt men de cosmische olivin in zuiveren toestand niet vermengd met andere mineralen; hoewel deze olivin reeds meermalen aan de analyse is onderworpen geworden, achtte ik het van belang door een bepaald onderzoek de zekerheid te verkrijgen of die olivin, die geheel omgeven is door een zeer nikkelrijk ijzer al dan niet nikkel bevat:

BERZELIUS *) zegt hieromtrent: „STROMEYER, welcher Nickel „in anderen Olivinen gefunden, fand wider alle Vermuthung „das der Pallasolivin frei davon sei, wiewohl schon HOWARD „angegeben, dass darin bis zu 1 Procent Nickeloxyd vorkomme. „Ich konnte darin, wie STROMEYER, nicht die geringste Spur „von Nickel entdecken."

Uit een stuk Pallasijzer mijner verzameling konde ik eenige korrels olivin verzamelen, waarvan de meesten op de oppervlakte, waar zij tegen het nikkelijzer rustten, met ijzerroest bedekt waren, in welk ijzerroest natuurlijk nikkel voorhanden was; deze korrels werden in een achaten mortier even gebroken, en uit deze splinters werden met groote zorg heldere stukjes, waaraan geen roest kleefde, uitgezocht, en daarna tot een zeer fijn

*) POGGEND., *Ann.* B XXXIII, pag. 133.

poeder gewreven. Ik verkreeg op deze wijze na volkomen droging bij zachte gloeiing 0,353 gram van een zuiver geel poeder, hetwelk in een porceleinkroesje met doorboord deksel, gedurende ruim een half uur zacht gegloeid werd in een stroom droge waterstof; na deze bewerking was de kleur van het poeder wel eenigszins grauwer geworden, doch bij de weging bleek, dat het poeder niets in gewicht had verloren, zoodat daaruit blijkt, dat olivin bij zachte gloeiing in een stroom waterstof niet wordt ontleed. Dit poeder werd in een platinumschaal op een waterbad met sterk zoutzuur behandeld, waarbij het afgescheiden kiezelzuur gedeeltelijk gelatineus, gedeeltelijk korrelig was; nadat een paar maal nieuw zoutzuur was toegevoegd, werd de vloeistof op het waterbad tot droog toe ingedampt, en het residu met verdund zoutzuur uitgetrokken. Het onopgeloste kiezelzuur werd verzameld, uitgespoeld en gegloeid en gaf aan gewicht 0,1438 gr. Dit werd met eene oplossing van zuiver fluorammonium in de platinumschaal op een waterbad uitgedampt, en daarna het residu gegloeid; er bleef hierbij slechts 0,5 milligram terug, zoodat het kiezelzuur als zuiver afgescheiden mag worden beschouwd; of dit halve milligram tinoxyd was, heb ik niet kunnen onderzoeken. De zoutzure oplossing werd met salpeterzuur uitgedampt en het residu in water opgelost; uit deze oplossing werd door ammonia liquida het ijzeroxydhydraat gepraecipiteerd, hetwelk op de vroeger door mij aangegeven wijze nog tweemaal in zoutzuur werd opgelost en weer door ammonia gepraecipiteerd.

De vloeistof der derde praecipitatie liet na verdamping en gloeiing ter verwijdering van het chloorammonium 0,002, die der tweede praecipitatie met inbegrip van het residu der derde 0,0135, en van de eerste, met inbegrip der twee vorige, 0,1755 gr. terug; daar dit residu, behalve magnesia, nog onontleed chloormagnesium bevatte, werd het met water bevochtigd en vervolgens met verdund zwavelzuur, waarin het op eene onweegbare spoor na oploste, in de porseleinen kroes op een waterbad uitgedampt, en daarna ter verwijdering van het overvloedig zwavelzuur zacht gegloeid; er werd aan zwavelzure magnesia verkregen 0,497 gr.; dit residu werd in verdund zoutzuur opgelost, en daarbij ammonia tot even neutralisatie gevoegd; in deze

vloeistof ontstond nu door zwavelwaterstof-zwavelammonium eene zwakke bruine verkleuring, en na lange rust in een gesloten vat een hoogst gering donkerzwart praecipitaat, hetgeen voor geene weging vatbaar was.

Na voorzichtige verwijdering der vloeistof werd dit praecipitaat met borax voor de blaasbuis onderzocht; in de oxydatievlam was de parel in de hitte roodbruin, bij bekoeling geelbruin, zonder roode of paarsche tint; zoodat bepaaldelijk, hoewel in hoogst geringe niet weegbare hoeveelheid, nikkel in deze olivin gevonden is.

Het ijzeroxyd werd na gloeiing gewogen en bedroeg 0,049; het werd toen nog in zoutzuur opgelost, waarbij een weinig kiezelzuur onopgelost terugbleef; dit bedroeg 0,0015; zoodat aan kiezelzuur is gevonden 0,1433—0,0005 + 0,0015 of 0,1443, en aan ijzeroxyd 0,049—0,0015 of 0,0475 of aan ijzeroxydul 0,04275.

De ijzeroplossing werd tot droog toe uitgedampt en het residu met sodahydraat gegloeid, waarbij de vorming van een groene rand de aanwezigheid van een geringe hoeveelheid mangaan bewees.

Vergelijken wij nu onze uitkomsten met die onzer voorgangers:

	KLAPROTH.	STROMEYER.		WALMSTEDT.	BERZELIUS.	V.BAUMHAUER.
Kiezelzuur . . .	41,0	38,48	38,25	40,83	40,86	40,87
IJzeroxydul. . .	16,6	11,19	11,75	11,53	11,72	12,11
Magnesia. . . .	38,5	48,42	49,68	47,74	47,35	46,93
Mangaanoxydul.		0,34	0,11	0,29	0,43	spoor
Nikkeloxydul. .		—		—	—	spoor
Tinoxyd		—		—	0,17	—
Aluinaarde . . .		0,18		—	—	—

zoo zien wij dat over de samenstelling van de olivin van de Pallasijzermassa geen twijfel kan bestaan; zij heeft tot samenstelling: $Fe\ Mg_7\ Si_4\ O_{16}$ of $\dot{F}e^2\ \ddot{S}i + 7\ \dot{M}g^2\ \ddot{S}i$, dus de procentische samenstelling:

Kiezelzuur	40,70
IJzeroxydul	12,13
Magnesia.	47,17

of de uiterst geringe hoeveelheid nikkel, die ik gevonden heb, aan de olivin behoort, of wel aan aanhangend geoxydeerd of ingesloten nikkelijzer, niettegenstaande de genomen voorzorgen, wil ik niet beslissen.

IETS OVER J. E. DOORNIK

EN

ZIJN AANDEEL AAN DE ONTWIKKELINGS-HYPOTHESE,

GEVOLGD DOOR

EENIGE OPMERKINGEN AANGAANDE DEN TEGENWOORDIGEN STAAT DER LAATSTE.

DOOR

P. HARTING.

Voorgedragen in de Gewone Vergadering van 25 Febr. 1871 *).



Er zijn sommige vraagstukken die, na een tijdlang de gemoederen te hebben bezig gehouden, wederom op den achtergrond geraken. Wat er over te zeggen viel, is gezegd. De hoop van hen door nader onderzoek op te helderen wordt allengs geringer en daarmede verflaauwt de belangstelling. Eindelijk spreekt men er bijna niet meer over. Maar plotseling ontwaakt die belangstelling weder, zoodra zich nieuwe gezigtspunten opdoen, die de hoop weder doen verrijzen, dat men eene schrede nader zal kunnen doen tot oplossing van het vraagstuk. Dan is het voor velen, die weinig bekend zijn met de geschiedenis der wetenschap, alsof dit vraagstuk nu voor het eerst aan de orde wordt gesteld. Dat men zich reeds vroeger ijverig daarmede heeft bezig gehouden, is bijna vergeten, en vooral het jeugdige geslacht, hetwelk zoo ligt gelooft dat juist zijn tijd de Jupiter is, waaruit Minerva in volle wapenrusting is geboren, acht het ter naauwernood der moeite waard den blik achterwaarts te slaan en dien te vestigen op vroegere toestanden der wetenschap, noch op de mannen die toen geleefd en gewerkt hebben en den

---

*) Bij gelegenheid van de aanbieding der Nederlandsche vertaling door Dr. H. HARTOGH HEYS VAN ZOUTEVEEN van het werk van CH. DARWIN, *de Afstamming van den mensch.*

tegenwoordigen toestand hebben voorbereid. Enkele groote namen, als die van eenen GALILEI, KEPPLER, HUYGENS, NEWTON, LINNAEUS, BUFFON, LAVOISIER, CUVIER, e. a. zijn wel is waar met te duidelijke letteren in de geschiedenis der wetenschap geschreven, dan dat zij immer zouden kunnen worden over het hoofd gezien, maar die van hunne talrijke mede-arbeiders, die hoewel zij zich niet zoo op den voorgrond bewogen, toch een werkzaam aandeel hebben genomen aan den vooruitgang der wetenschap, loopen gevaar van vergeten, ja eerlang geheel uitgewischt te worden. Niet het minst zijn het de namen onzer Nederlandsche geleerden, wien dit gevaar dreigt. Van menigeen is de arbeid buiten 's lands geheel onbekend gebleven. In de nieuwere geschriften, ook in de hand- en leerboeken, die meerendeels geheel of gedeeltelijk van vreemden oorsprong of althans naar vreemd model bewerkt zijn, vindt men, ook dan wanneer de schrijver niet verzuimd heeft minstens een lijstje te geven van duitsche, fransche en engelsche *dii minores*, den Nederlander, die voor het minst gelijk regt had daaronder eene plaats in te nemen, met stilzwijgen voorbijgegaan.

Het zij mij vergund het gezegde met een voorbeeld te staven, en daardoor tevens een zij het ook te laat regt te laten wedervaren aan een verdienstelijk landgenoot, van wien men zeggen kan dat hij in menigerlei opzigt zijnen tijd vooruit is geweest. Ik bedoel J. E. DOORNIK, die in het begin dezer eeuw te Amsterdam *) als Medicinae doctor de geneeskundige practijk uitoefende en een groot vriend van den dichter HELMERS was, aan wien hij ook een bundel zijner verhandelingen heeft opgedragen, namelijk dien welken hij uitgaf, toen hij gereed stond in 1816 het vaderland te verlaten, om naar Java te vertrekken.

*) Omtrent de levensgeschiedenis van DOORNIK is mij slechts zeer weinig bekend. Dat hij, minstens tot in 1808, zijn verblijf te Amsterdam hield, blijkt uit den titel van zijn in dit jaar verschenen geschrift over den oorspronkelijken mensch. Mijn ambtgenoot de Hoogleeraar H. C. VAN HALL deelt mij echter mede, dat hij in het bezit is van eene eigenhandige verklaring van JACOB ELISA DOORNIK, Medicinae doctor te Apeldoorn, met betrekking tot eene zaak van zijnen vader, Mr. M. C. VAN HALL, afgegeven te Apeldoorn 26 Februarij 1813. Indien dit, gelijk uit hoofde van de overeenkomst der voornamen voor meer dan waarschijnlijk mag gehouden worden, dezelfde persoon is, dan had hij derhalve toen Amsterdam verlaten en zich te Apeldoorn gevestigd. De voorrede zijner *Wijsgeerig-Natuurkundige Verhandelingen* is gedateerd: Velp bij Apeldoorn, Junij 1816.

Bijna al de geschriften van DOORNIK *) zijn van wijsgeerig-natuurkundigen inhoud. Het was er echter ver af dat zijne natuurwijsbegeerte iets gemeens had met de toen bij onze Duitsche naburen zooveel opgang makende *Naturphilosophie* van OKEN en SCHELLING, daar waar deze zich in vaak ijdele bespiegelingen verloren. DOORNIK stond integendeel geheel op het standpunt van KANT, waarvan hij een groot bewonderaar was †).

---

*) De titels van DOORNIK's geschriften, voor zoover zij mij bekend zijn geworden, deels door vriendelijke mededeeling van Dr. G PH. F. GROSHANS, zijn de volgende :

J. R. DEIMAN, *gedacht in eene redevoering door* J. E. D., *en in een dichtstuk door* J. KINKER. Amsterdam, 1800.

Aanmerkingen op het veronderstelde vermogen der koepokstof, om, door derzelver Inenting, den Mensch voor de wezenlijke Menschenpokken te beveiligen. Amsterdam, 1801.

Verhandeling over de Levenskragt, volgens Dynamische grondbeginzelen. Amsterdam, 1802. — Zie de recensie in de *Vaderlandsche Letteroefeningen*, 1802, A, bl. 237.

Proeve eener opheldering van 's menschen oordeel, aangaande het doelmatige in de Natuur. Amsterdam, 1803. — *Vad. Letteroef.* 1804, A, bl. 344.

De Herssen-Schedelleer van F. J. GALL, *getoetst aan de Natuurkunde en Wijsbegeerte.* Amsterdam, 1804. — *Vad. Letteroef.* 1805, A, bl. 310.

Voorlezingen over F. J. GALL'S *Herssen-Schedelleer.* Amsterdam, 1806. — *Vad. Letteroef.* 1807, A, bl. 39.

Wijsgeerig-natuurkundig onderzoek aangaande den oorspronkelijken mensch en de oorspronkelijke stammen van deszelfs geslacht. Amsterdam, 1808.

Wijsgeerig-natuurkundige verhandelingen. Arnhem, 1816. — In dezen bundel, waarvoor het aan SENECA ontleende motto : „*Veniet tempus, quo posteri tam aperta nos nescisse mirentur,*" en tegenover den titel het goed gegraveerde portret des schrijvers geplaatst is, — zijn de volgende opstellen bevat : *Over het Nut der speculative Wijsbegeerte in de Natuurkunde ; — Over de Voortreffelijkheid der Aardekunde ; — Over de overblijfselen van het Menschelijk ligchaam als toevallige delfstof ; — Over het begrip van Levenskracht uit een Geologisch oogpunt beschouwd ; — Algemeene Beschouwing van eene natuurlijke geschiedenis van het Menschelijk geslacht ; — Over het ontoereikende der Volksgeschiedenis als genoegzame bron eener geschiedenis van het Menschelijk geslacht ; — Proeve eener oplossing van het vraagstuk aangaande den Atlantis ; — Losse gedachten over het zoogenaamd dierlijk Magnetismus.*

Observations concerning fossil organic remains, in SILLIMAN'S *American Journal.* 1829, p. 90.

Het menschelijk organismus, beschouwd uit een psychologisch oogpunt of het verband tusschen geest en stof. Amsterdam, 1831.

†) Op bl. 13 zijner *Wijsgeerig-natuurkundige Verhandelingen*, in de noot, maakt hij gewag van eene verhandeling over de *Dynamica*, naar aanleiding van KANT's *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, door hem geplaatst in het *Magazijn voor de Critische Wijsbegeerte*, van P. VAN HEMERT.

Zijne geschriften geven getuigenis van eene buitengewone belezenheid en grondige kennis, gepaard aan een helder, onbevangen, onafhankelijk oordeel, en de zeldzame gave van een tal van feiten, ontleend aan verschillende natuurwetenschappen, — geologie, physische geographie, chemie, anatomie, zoologie, enz., — zoo te vereenigen, dat zij onder meer algemeene gezigtspunten worden gebragt. Zijn stijl is kort, bondig, niet altijd vrij van eene zekere stroefheid, maar streng logisch, en hij is zeer behoedzaam in het trekken van besluiten, die niet voldoende door de op feiten gegronde redeneering geregtvaardigd zijn.

Het is geenszins mijn voornemen bij al die geschriften stil te staan, maar ik wil slechts kortelijk de aandacht vestigen op twee daarvan, namelijk op zijn: *Wijsgeerig-natuurkundig onderzoek aangaande den oorspronkelijken mensch en de oorspronkelijke stammen van deszelfs geslacht*, in 1808 verschenen, en de verhandeling *Over het begrip van Levenskracht uit een geologisch oogpunt beschouwd*, welke, te oordeelen naar eenige uitdrukkingen, omstreeks denzelfden tijd geschreven is, maar eerst in 1816, tegelijk met eenige andere, door hem werd uitgegeven. Uit beide deze geschriften leeren wij DOORNIK kennen als voorstander van de ontwikkelings-hypothese, dat is van de stelling: dat de onderscheidene vormen, waarin zich het leven in opvolgende tijden geopenbaard heeft, allengs de eene uit de andere ontstaan zijn. Hij bestrijdt de meening alsof van tijd tot tijd door algemeene omwentelingen aan de oppervlakte onzer planeet het geheele organische leven verwoest zoude zijn en telkens uit een chaos wederom eene geheel nieuwe schepping te voorschijn zou zijn getreden, — eene meening die, gelijk men weet, zelfs tot voor weinige jaren vrij algemeen gehuldigd werd, — en beschouwt daarentegen de geheele organische schepping als een zamenhangend geheel, waarvan de lagere afdeelingen het eerst ontstaan zijn, terwijl er een duidelijk streven naar eene steeds toenemende volkomenheid zigtbaar is. Met andere woorden, hij staat geheel op het standpunt, waarop zich later LAMARCK ten opzigte der dierenwereld, nog later PREVOST en vervolgens LYELL ten opzigte der geologische geschiedenis van onzen aardbol hebben geplaatst. Ook omtrent de zoogenaamde levenskracht heeft hij veel gezondere begrippen dan velen nog lang na hem ge-

koesterd hebben, ja sommigen nog koesteren *). Leven is voor hem in den ruimsten zin: de openbaring van elke kracht, in den meer beperkten, de openbaring der algemeene grondkrachten der natuur in de bewerktuigde lichamen, die wij planten en dieren noemen. Hunne bewerktuiging is voor allengsche wijzigingen vatbaar, overeenkomstig de gewijzigde omstandigheden. Hoe hij zich dit voorstelde, blijkt vooral uit het eerste der genoemde geschriften, waarin hij bepaaldelijk den oorsprong van den mensch behandelt. Om dit geschrift goed te beoordeelen, moet men zich geheel verplaatsen in den tijd waarin het geschreven is. Er waren toenmaals zeer weinigen, die twijfelden aan de waarheid van het Mosaïsche scheppingsverhaal van den mensch, vooral niet nadat de geschiedkundige nasporingen van KANT, van HERDER, ZIMMERMANN en GIRTANNER, die alle naar de hooglanden van midden-Azië als de bakermat der beschaving heenwezen, er toe geleid hadden om ook daar het Eden te plaatsen, waarvan dit verhaal gewag maakt. Wat de lagere menschenrassen aangaat, zoo beschouwde men deze als teruggegane, verbasterde nakomelingen van het eerste menschenpaar. Toch hebben reeds van oude tijden af ook juist daaraan tegenovergestelde denkbeelden bij sommigen bestaan. De zoodanigen stelden zich veeleer eene allengsche vervolkomening van het menschelijk geslacht voor, dat zijn bestaan zoude begonnen hebben in eenen zuiver dierlijken toestand, nog ver beneden dien van de wildste thans levende volken. Sporen van zulk eene voorstelling vindt men reeds bij CICERO †) en bij HORATIUS §).

In veel lateren tijd huldigde haar ook ROUSSEAU **), ofschoon

---

*) Die denkbeelden treffen wij trouwens reeds aan in zijne in 1802 uitgegeven verhandeling over dit onderwerp. Hij betoogt daarin: „dat de Levenskragt eene „afgeleide kragt der algemeene grondkragten der stoffe zy; dat de gewyzigde men„ging en vorming der stoffen het organismus uitmaakt. Het leven heeft deszelfs „grond in deze gewyzigde menging en vorming der stoffen; levende stof, of or„ganische stof, is hetzelfde denkbeeld; Leven, afgescheiden van organische stof, „laat zich niet denken; alzo Leven geen oorzaak, maar gevolg is.” Men zoude het thans niet veel beter kunnen zeggen.

†) *De inventione*, Lib, I, Art. 2.

§) *Sermonum* Lib. I, Sat. 3.

**) In zijn *Discours sur l'origine et les fondements de l'inégalité parmi les hommes.*

hij toch den opgerigten stand en gang als aan den mensch van den beginne af eigen erkent. Zelfs dit laatste echter werd op het einde der vorige eeuw bestreden door den Paviaanschen hoogleeraar MOSCATI *), in weerwil der grondige redenen die onze CAMPER †) reeds toen had aangevoerd om te bewijzen dat de geheele bouw van het menschelijk ligchaam zijne opgerigte houding noodzakelijk maakt. Eenen nog meer bepaalden vorm aan de hypothese van het allengs ontstaan der hedendaagsche menschen uit lagere vormen gaf Dr. F. J. SCHELVER, die in een opstel, geplaatst in WIEDEMANN'S *Archiv für Zoologie und Zootomie* van het jaar 1802, in strijd met de meest gangbare meening, beweerde dat Afrika de geboorteplaats van het menschelijk geslacht was, dat de negers nog het meest aan den oorspronkelijken mensch nabij kwamen, en dat die oorspronkelijke mensch, de diermensch, tot het geslacht der apen had behoord. Dit een en ander wordt in 18 bladzijden behandeld. Ik noem dit getal bladzijden, om te doen zien, dat het opstel van SCHELVER geen aanspraak mag maken op den naam van een tot in de bijzonderheden van het onderwerp afdalend betoog, maar eigenlijk niet veel meer was dan eene beknopte uiteenzetting zijner hypothese.

DOORNIK kende het opstel van SCHELVER, toen hij zes jaren later zijne bovengenoemde verhandeling schreef, welke 193 tamelijk compres gedrukte bladzijden beslaat en geheel den stempel van oorspronkelijkheid draagt. Hij bestrijdt dan ook in zoo verre het gevoelen van SCHELVER, dat hij geenszins in Afrika de uitsluitende geboorteplaats van het menschelijk geslacht ziet, maar evenmin in de hooglanden van Azië. Hij is integendeel van meening dat elk der verschillende hoofdrassen, waarvan hij er zes aanneemt, zijne eigene plaats van ontstaan heeft gehad, en staaft deze meening met vele aan de physische geographie, de geschiedenis en de ethnologie ontleende gronden. Voor zoo ver ik weet, is dit de eerste maal, dat tegenover de algemeen

---

*) In eene mij overigens onbekende verhandeling, aangehaald bij BAKKER, *Oorspronkelijke stam van het menschelijk geslacht*, p. 54.

†) *Over den Orang Outang*, in zijne Natuurk. Verhandelingen. Amsterdam, 1782, bl. 69.

aangenomen eenheid van oorsprong van het menschelijk geslacht de meervoudigheid van zijn oorsprong werd gesteld, die later zoo vele voorstanders heeft gevonden, en die dan ook inderdaad, zoolang men den ouderdom van het menschelijk geslacht op eenige weinige duizende jaren stelde, alleen verdedigbaar was.

Vervolgens treedt hij in eene uitvoerige vergelijking van het maaksel van het skelet des negers met dat van den europeaan en knoopt daaraan eenige punten uit de anatomie der apen, vooral van den orang oetan, om te doen zien dat eenige bijzonderheden, waardoor zich de neger van den beschaafden bewoner van Europa onderscheidt, bij den orang oetan, ofschoon naar overdreven maatstaf, worden terug gevonden. Zijn daaruit afgeleid besluit drukt hij (p. 163) op de volgende wijze uit:

„Ik aarzel daarom niet, om te stellen, dat de oorspronglijke „mensch, tot de familie van den ourang outang behoort, in „zoo verre de laatste hem als diermensch zoo gelijkvormig is, „schoon ik tevens erken, dat, al konde den ourang outang, uit „kracht van zijn herssengestel, tot eene veel hogere ontwikke- „ling gebragt worden, dan tot hiertoe door de bloote mede- „werking der natuur geschied is, de mensch, door daadzaken, „bewezen heeft, dat hij, als mensch, zig niet alleen boven alle „dieren verheft, maar zelfs, als zoodanig, tot de classike orde „der dieren niet behoort."

Ik voer deze woorden aan om te doen zien dat het geenszins in DOORNIK's bedoeling lag om den thans bestaanden mensch tot een bloot dier te verlagen. Integendeel, hij erkent ten volle de oneindig hoogere voortreffelijkheid van den mensch, maar zoekt aan te toonen hoe door hetgeen hij v e r a d e l i j k i n g, of ook wel v e r r e d e l i j k i n g of v e r m e n s c h e l i j k i n g noemt, alle voortreffelijke eigenschappen, die thans het eigendom van den mensch zijn, zich langs den natuurlijken weg hebben kunnen ontwikkelen.

Het zoude ons veel te ver leiden, indien ik den schrijver in zijne bewijsvoering wilde volgen. Trouwens het was mij slechts te doen om in eenige breede trekken het standpunt te doen kennen, waarop DOORNIK zich geplaatst had. Dit standpunt was te zeer afwijkend van het gewone om geen tegenspraak uit te lokken. Twee jaren later, in 1810, verscheen dan ook eene uit-

voerige verhandeling van G. BAKKER, toen *Medicinae doctor* te Haarlem, later hoogleeraar in de anatomie en physiologie aan de Groningsche hoogeschool. In deze verhandeling, die mede met veel talent geschreven is, zoekt BAKKER vooreerst de regtzinnige voorstelling van het eerste verschijnen des menschen in eenig deel van Azië waarschijnlijk te maken. Dit gedeelte zijner wederlegging is echter het zwakst. Daarentegen bevat dat gedeelte der verhandeling, waarin het maaksel van het menschelijk ligchaam vergeleken wordt met dat der apen vele zeer juiste opmerkingen, waardoor het groote verschil tusschen beiden in een helder licht wordt gesteld en de groote onwaarschijnlijkheid aangetoond dat het menschelijk geslacht van eene of andere aapsoort zoude afstammen.

Wat in beide deze verhandelingen vooral lof verdient, is de kalme, bezadigde, echt wetenschappelijke toon, waarin zij geschreven zijn. Nergens ontmoet men daarin een enkel woord, waardoor de anders denkende zich zoude kunnen gegriefd gevoelen, nergens iets dat naar spot of verdachtmaking zweemt. In dit opzigt munten beide geschriften onzer landgenooten verre uit boven verscheidene die in onzen tijd over hetzelfde onderwerp geschreven zijn.

Het herlezen van zulke voor meer dan zestig jaren verschenen verhandelingen, waarin de toenmalige toestand van een hoogst gewigtig vraagstuk grondig is uiteengezet, biedt een eigenaardig genot aan. Als van zelf wordt men er toe geleid om dien toestand met den tegenwoordigen te vergelijken en de vorderingen te overzien, welke de wetenschap in dit tijdsbestek gemaakt heeft. Die vorderingen zijn groot. Niet alleen toch hebben zich tallooze ontdekkingen opeengestapeld, waardoor onze gezigtskring zeer verruimd is, maar sommige onderdeelen der wetenschap, die tot het op te lossen vraagstuk in naauwe betrekking staan, zoo als de geologie en palaeontologie, hebben eene geheel andere gedaante verkregen, andere, zoo als de ontwikkelingsgeschiedenis en de vergelijkende taalstudie, kunnen gezegd worden eerst in dien tijd ontstaan te zijn.

Het zij mij vergund het standpunt, waartoe de hedendaagsche wetenschap, naar mijne opvatting daarvan, gekomen is, in eenige korte stellingen aan te wijzen.

Daar echter het vraagstuk aangaande den oorsprong van het menschelijk geslacht slechts een onderdeel is van het veel meer omvattende algemeene vraagstuk aangaande den oorsprong der verschillende vormen van organische wezens, die thans leven en vroeger geleefd hebben, en het eene niet opgelost kan worden zonder het andere, zoo zal ik deze stellingen in twee categoriëen splitsen: in algemeene en bijzondere, welke laatste alleen betrekking hebben tot den oorsprong van het menschelijk geslacht.

A. Algemeene stellingen.

1. De organische schepping maakt een onafgebroken geheel uit, van het eerste verschijnen van levende wezens op aarde af tot aan den tegenwoordigen tijd toe.

2. De vormen, waarin zich het leven opvolgend geopenbaard heeft, zijn steeds in overeenstemming geweest met de levensvoorwaarden en deze met de levensomstandigheden.

3. De levensvormen zijn het produkt van twee factoren: van de erfelijkheid der eigenschappen, die bewarend, en van het zich voegen (adapteeren) naar de levensomstandigheden, dat veranderend werkt.

4. Met en tengevolge van de allengs voortgaande veranderingen, waarvan de oppervlakte der aarde het tooneel is geweest, en van de ontwikkeling van de organische wereld zelve, heeft er eene voortdurende differentiëering der levensomstandigheden plaats gegrepen, waarmede eene differentiëering der levensvormen gelijken tred heeft gehouden.

5. Gedurende het bestaan van het organische leven op aarde, zijn de levensvormen allengs zamengestelder geworden, in dien zin: dat zich bij de lagere en eenvoudigere vormen hoogere en zamengesteldere hebben gevoegd, die in het bezit waren van organen en organenstelsels, welke bij de vroeger geleefd hebbende vormen niet of in minder ontwikkelden toestand bestonden.

6. De ontwikkeling der organische vormen is echter niet eene in alle rigtingen progressieve geweest; zij is in bepaalde gevallen weder regressief geworden, zoowel ten aanzien der bij-

zondere levensvormen als ten aanzien der organen. Van laatstgenoemden kunnen, als gevolg van het beginsel der erfelijkheid, bij latere generatiën nog zeer langen tijd sporen (rudimenten) overblijven, ook dan wanneer deze geenerlei voor het leven nuttige beteekenis meer hebben. Deze kunnen beschouwd worden als herinneringsteekens van vroegere toestanden, waarin die deelen wèl eene nuttige beteekenis hadden.

7. De tijd, gedurende welken de aarde door levende wezens bewoond is geweest, is onberekenbaar lang en volkomen toereikend voor de voorstelling dat de nakomelingen van oorspronkelijk gelijke vormen, door zeer kleine, bij de individu's optredende verschillen, — maar die, zich erfelijk voortplantende en zich accumuleerende gedurende eene reeks van opvolgende generatiën, allengs grooter werden, — eindelijk zoozeer van elkander verschillen, dat zij tot onderscheidene soorten, geslachten, familiën, orden en zelfs klassen worden gebragt.

8. Eene onderlinge vergelijking der levensvormen leert, dat zij de verwerkelijking zijn van een beperkt getal van grondplannen, met tallooze kleinere en grootere wijzigingen in de bijzonderheden der uitvoering, zonder dat daardoor het grondplan ophoudt herkenbaar te zijn. Deze gelijkheid van het plan van bewerktuiging van overigens door gedaante en levenswijze zeer uiteenloopende wezens wijst met waarschijnlijkheid op eenen gemeenschappelijken oorsprong.

9. De ontwikkeling der individu's, welke binnen een kort tijdsbestek plaats grijpt, levert tot op zekere hoogte een getrouw beeld van de opeenvolging der verschillende levensvormen in de zeer lange tijdruimte, welke verstreken is, sedert de aarde de woonplaats van levende wezens is geworden. Elke individueele levensvorm doorloopt gedurende zijne ontwikkeling eene reeks van toestanden, welke voor andere, op eenen lageren trap staande levensvormen blijvende zijn. Ook de ontwikkeling van het individu gedurende het vruchtleven is deels progressief, deels regressief. Organen, die gedurende een zekeren toestand der vrucht eene nuttige beteekenis hadden, verdwijnen weder of laten slechts sporen achter.

B. Bijzondere stellingen, met betrekking tot den oorsprong van het menschelijk geslacht.

10. De beschaving is niet van één maar van verscheidene middelpunten uitgegaan. Alleen de Indo-germaansche beschaving heeft haar bron in de hooglanden van Midden-Azië. Er bestaat derhalve geene enkele reden, om daar, met uitsluiting van andere gedeelten der aarde, de plaats van oorsprong van het menschelijk geslacht te zoeken.

11. De ouderdom van het menschelijk geslacht is zeer veel grooter dan men vroeger gemeend heeft. Zelfs de geschiedkundige oorkonden, afkomstig uit eenen tijd, toen de beschaving van sommige volken reeds eenen vrij hoogen trap had bereikt, reiken eenige duizende jaren verder.

12. Eene menigte van feiten duidt aan, dat aan dien geschiedkundigen tijd eene veel langere tijdruimte is voorafgegaan, gedurende welken Europa reeds bewoond werd door wilde volksstammen, die in leefwijze overeenstemden met andere nog heden ten dage levende volken, welke op eenen zeer lagen trap van beschaving staan. Het is derhalve hoogst waarschijnlijk, dat overal aan den toestand van beschaving een wilde toestand is voorafgegaan, en dat de beschaving, hoewel zij in den loop der tijden en bij bepaalde volken ook van elders kan zijn ingevoerd, toch eenmaal door allengsche zelfstandige ontwikkeling ontstaan is.

13. De oudste menschelijke bewoners van Europa leefden gelijktijdig met verscheidene thans uitgestorven soorten van dieren, in eenen tijd, toen de gedaante van dit werelddeel en de verdeeling van land en water daarin aanmerkelijk verschilden van de tegenwoordige.

14. Het is niet waarschijnlijk dat ergens in Europa de plaats van oorsprong van het menschelijk geslacht is geweest, maar dat dit werelddeel eerst door menschen is bevolkt geworden, nadat deze elders de eerste trappen van beschaving bereikt hadden. Vermoedelijk was de eerste woonplaats, die tevens de plaats van oorsprong was, tusschen of nabij de keerkringen gelegen of althans in eene streek, waarvan het klimaat met dat der he-

dendaagsche keerkringslanden overeenkwam. Die plaats van oorsprong is waarschijnlijk in het oostelijk halfrond te zoeken.

15. De schepping van het menschelijk geslacht kan vergeleken worden met de schepping van elken individueelen mensch. De veranderingen, die bij den laatsten, gedurende de vorming der vrucht, in den loop van weinige maanden plaats grijpen, geven een beeld van de veranderingen, die, na verloop van millioenen jaren, met het ontstaan van den menschelijken vorm, zoo als wij dien kennen, geeindigd zijn.

In zijnen allereersten toestand is elk mensch een slechts even zigtbaar protoplasmaklompje, zonder waarneembare differentiëering van bijzondere deelen of organen, het naast overeenkomende met de op den laagsten trap staande, zelfstandig levende en zich voortplantende, organische wezens, Amoeben en verwante vormen.

Wanneer de differentiëering een zekeren trap heeft bereikt, stemt de embryo van een mensch het naast overeen met de larve eener Ascidie.

Bij voortgaande differentiëering van organen verkrijgt de embryo een maaksel, dat, in meer ontwikkelden, blijvenden vorm, bij de visschen wordt teruggevonden.

Daarop volgt een toestand, welke voor sommige Reptiliën de blijvende is.

Ook dan wanneer zich reeds duidelijk de zoogdieren-typus begint te openbaren, doorloopt de vrucht van den mensch toch nog toestanden, die bij andere, lagere zoogdieren blijvend vertegenwoordigd zijn. In een zeker levenstijdperk vertoont de vrucht van een mensch geenerlei in het oog loopend verschil van de vrucht van een dier uit de orde der *Quadrumana*. Eerst in de laatste maanden der ontwikkeling treden de eigendommelijkheden in het maaksel, waardoor het menschelijk ligchaam van dat der *Quadrumana* verschilt, duidelijker en duidelijker te voorschijn.

16. De verschillen in het ligchamelijk maaksel der *Quadrumana* en dat van den mensch zijn geene volstrekte maar betrekkelijke. Zij bepalen zich tot eene ongelijkmatige ontwikkeling derzelfde in morphologisch opzigt geheel overeenstemmende organen. In het ligchaam van den mensch wordt geen enkel deel gevonden, waarvan het homologon niet ook bij eene of meer

aapsoorten voorkomt. Verscheidene eigendommelijkheden van het ligchamelijk maaksel heeft de mensch alleen met de hoogere aapsoorten gemeen.

17. Toch is dit betrekkelijk verschil tusschen zelfs de laagste thans levende menschenrassen en de op den hoogsten trap staande *Quadrumana*, de Anthropomorphen, zeer aanmerkelijk en grooter dan tusschen de verschillende soorten dezer orde, ofschoon minder groot dan tusschen hare op den hoogsten en hare op den laagsten trap staande soorten, die echter door nog levende tusschenvormen verbonden zijn. Eene zeer diepe, alhoewel niet onpeilbare kloof scheidt dus, in de thans bestaande wereldorde, den mensch van de hem het naastbij komende dieren.

18. Het vroeger gekoesterde vermoeden, dat in eene of andere nog onbekende streek der aarde menschen zouden worden aangetroffen, die nog meer dan de reeds bekende met sommige soorten van apen zouden overeenstemmen, heeft zich niet alleen geenszins bevestigd, maar bij de thans bestaande zeer uitgebreide kennis van de bewoners der aarde, waarvan bijna geen plekje meer door reizigers onbezocht is gebleven, mag men wel als zeker stellen dat zulke tusschenvormen als volk nergens bestaan.

19. Er worden echter van tijd tot tijd, zonder dat men daarvoor bepaalde oorzaken kan opgeven, onder verschillende rassen, ook de hoogste, menschen geboren (microcephalen), die in eenige opzigten, vooral door de geringe ontwikkeling van de hersenen en van de schedeldoos en door eenen daarmede gepaard gaanden lagen trap der intellectuëele vermogens, tot de hoogste *Quadrumana* naderen. Hun toestand is het gevolg van het blijven staan der vrucht op eenen ontwikkelingstrap, die voor den normalen mensch een voorbijgaande is.

20. Onder de *Quadrumana* is er geen enkele soort, die gezegd kan worden onder allen den mensch het meest nabij te komen. De verschillen van en overeenkomsten met den mensch zijn over verscheidene soorten verdeeld. Er bestaat derhalve ook geen enkele grond, om, in een der heden ten dage levende aapsoorten, den nog levenden vertegenwoordiger te zien van den oorspronkelijken mensch.

21. Daarentegen bestaan er vele gronden, die het waarschijnlijk maken, dat de mensch en de soorten van de orde der *Qua-*

drumana uit eenen gemeenschappelijken stam ontsproten zijn, waarvan een sterk divergeerende tak tot het menschelijk geslacht is geworden. Deze differentiëering moet dan echter reeds in een onberekenbaar lang verleden tijd hebben plaats gegrepen

In dit een-en-twintigtal stellingen, welker behoorlijke uiteenzetting en betoog een dik boekdeel zoude vorderen, is het standpunt aangewezen, waartoe, naar mijne overtuiging, elk met noodzakelijkheid moet komen, die, op grond onzer tegenwoordige kennis, het grootste raadsel tracht optelossen, dat de natuur den denkenden mensch aanbiedt, en waarnaar in den loop der laatste jaren DARWIN, LYELL, LUBBOCK, HUXLEY, CARL VOGT, HAECKEL en anderen hebben gestreefd, nadat het bekende boek des eerstgenoemden: *On the origin of species*, dit vraagstuk op nieuw aan de orde had gesteld. Aan die oplossing ontbreekt nog zeer veel. Al te dikwijls moet eene op analogiëen steunende redeneering de leemten aanvullen, welke het gemis van bepaalde, op regtstreeksche waarneming steunende feiten open laat. Waar wij zekerheid verlangen, ontmoeten wij dikwijls slechts waarschijnlijkheid. Toch is de vooruitgang, sedert den tijd waarin DOORNIK zijne verhandeling schreef, onmiskenbaar. Wij vorderen, zij het ook met langzame schreden. De grondslag, waarop het gebouw kan worden opgetrokken, is veel breeder en ook steviger geworden. Zal het aan de wetenschap van volgende eeuwen immer gelukken het raadsel van 's menschen oorsprong volkomen optelossen? Zal men eenmaal de scheppingsgeschiedenis van het menschelijk geslacht zoo geheel doorgronden, dat er geene twijfelingen, geene bezwaren, geene vragen meer overblijven? Ik geloof het niet. Daartoe is het vraagstuk veel te ingewikkeld en de kans om de feiten te ontdekken, die veroorlooven zullen eenen zekeren blik in het verledene te slaan, te gering. Wanneer men echter in lateren tijd de geschiedenis van dit vraagstuk schrijft, dan zal de schrijver billijkerwijze aan onzen landgenoot DOORNIK de getuigenis moeten geven: dat hij een der eersten geweest is, die met een voorloopig goed gevolg den eenigen weg heeft ingeslagen welke tot die oplossing bij mogelijkheid leiden kan, namelijk dien van zorgvuldig critisch onderzoek der feiten, hunne onderlinge vergelijking en daarop steunende logische redeneering.

NAAM-REGISTER

OP DE

VERSLAGEN EN MEDEDEELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN,

NATUURKUNDIGE AFDEELING,

2de REEKS. DEEL I TOT V. 1865–1871.

ZAAK-REGISTER

OP DE

VERSLAGEN EN MEDEDEELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN,

NATUURKUNDIGE AFDEELING,

2de REEKS. DEEL I TOT V. 1865—1871.

ERRATA.

Bladz. 346.

Reg. 16 v. b. „dat de basten, onder de nummers I en IV” *lees* „dat de bast, onder nummer I”.

Reg. 19 v. b. „waren” *lees* „was”.

Reg. 20 v. b. „II en III” *lees* „II, III en IV”.

Bladz. 347.

Reg. 3 v. b. „haren” *lees* „zijn”.

Reg. 7 v. o. „haren” *lees* „zijn”.

INHOUD

VAN

DEEL V. — STUK 3.



GEDRUKT BIJ DE ROEVER - KRÖBER - BAKELS.



GEDRUKT BIJ DE ROEVER - KRÖBER - BAKELS.

